

H. DIELS
ANTIKE TECHNIK



VERLAG B. G. TEUBNER · LEIPZIG UND BERLIN

ANTIKE TECHNIK

SIEBEN VORTRÄGE

VON

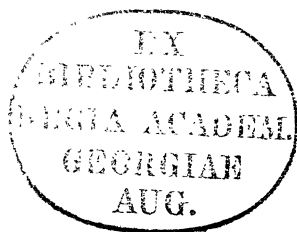
HERMANN DIELS

ZWEITE, ERWEITERTE AUFLAGE

MIT 78 ABBILDUNGEN, 18 TAFELN
UND 1 TITELBILD



VERLAG B. G. TEUBNER · LEIPZIG UND BERLIN 1920



SCHUTZFORMEL FÜR DIE VEREINIGTEN STAATEN VON AMERIKA
COPYRIGHT 1920 BY B. G. TEUBNER IN LEIPZIG

ALLE RECHTE,
EINSCHLIESSLICH DES ÜBERSETZUNGSRECHTS, VORBEHALTEN.

RICHARD SCHOENE

IN VEREHRUNG

ZUGEEIGNET

VORWORT ZUR ERSTEN AUFLAGE

Das vorliegende Büchlein faßt sechs gemeinverständliche Vorträge, die ich an verschiedenen Orten zu verschiedenen Zeiten über das weite Gebiet der antiken Technik gehalten habe, zusammen. Die Salzburger Hochschulvorträge II—V behandeln einzelne auch heute noch interessierende Gegenstände der antiken Technik, der letzte verbreitet sich über die Inkunabeln der Chemie, von denen eine erst in allerjüngster Zeit ans Licht getreten ist, der erste endlich, der die Marburger Philologenversammlung 1913 einleiten durfte, gibt in großen Zügen einen Überblick über das gegenseitige Verhältnis von Technik und Wissenschaft im Altertum.

Den vielfach gleich nach der Abhaltung der Vorträge an mich ergangenen Aufforderungen zur Publikation, die von Zuhörern und Verlegern an mich gerichtet wurden, habe ich (mit Ausnahme des ersten Vortrages, der anfangs dieses Jahres an anderem Orte, aber in gleichem Verlage wie das jetzige Büchlein erschien) nicht entsprochen, weil ich nichts Vereinzelttes geben wollte. In dieser Zusammenfassung aber, in der ich zwar einiges zugesetzt und abgerundet und einige erläuternde Abbildungen und Anmerkungen zugegeben, sonst aber in der Form des Vortrags nichts geändert habe, mag das Ganze eher seinen Zweck erfüllen. Mein Wunsch war nämlich, an ausgewählten Beispielen weiteren Kreisen zu zeigen, daß das Altertum auch in seinem technischen Streben mit der modernen Welt viel enger verknüpft ist als die dazwischen liegende Zeit des Mittelalters, zugleich aber wünschte ich die zahllosen Fäden bloßzulegen, die teils sichtbar teils unsichtbar diese beiden Welten, die alte und die neue, verknüpfen. Der

Kampf der modernen Technik und Naturwissenschaft gegen die Antike, der das vorige Jahrhundert durchtobte und auch jetzt noch manche enggebaute Stirn bedrückt, beruhte auf einer bedauerlichen gegenseitigen Ignoranz und Halbbildung der beiden sich bekämpfenden Parteien. Die Humanisten, im unklaren Idealismus befangen, kannten die reale Welt des Altertums zu wenig, um ihren Zusammenhang mit den heutigen Realitäten zu begreifen, und die Gegner wiederum wollten von der antiken Hemisphäre unserer europäischen Kultur nichts wissen, weil sie natürlich den Realismus des Altertums noch weniger würdigen konnten als die Humanisten und weil sie dessen Formalismus und Idealismus, den diese allein schätzten, verabscheuten.

Die heutigen klassischen Philologen, die zu der bestgehaßten Spezies der modernen Menschheit gehören, ein wahres *odium generis humani*, erwidern diesen Haß keineswegs. Denn sie wissen, daß Abneigung, die auf Nichtwissen beruht, von selbst verschwindet, sobald das bessere Wissen sich einstellt. Sie haben sich zum größten Teile mit den Realitäten der antiken Kultur ebenso vertraut gemacht wie mit ihren unsterblichen Formschönheiten und ihrer idealen Gedankenwelt. Sie lassen es sich angelegen sein, den modernen, für die Wunder der Technik von Kindesbeinen an begeisterten Menschen geduldig einzuführen in die oft geringen und wirkungslosen Anfänge technischen Denkens, um ihm zu zeigen, daß der Scharfsinn und die Ideenkraft des antiken und speziell der hellenischen Techniten nicht geringer ist als die der modernen Tausendkünstler. Es ist ein weiter Weg von der Idee des Flugzeuges, wie sie die hellenische Phantasie in der mythischen Urgestalt des wunderschaffenden Techniten Daidalos verkörpert hat, bis zu der vollendeten Schöpfung des Grafen Zeppelin! Aber wer die Geschichte der Technik kennt, weiß, daß wir ohne das phantastische Vordenken und tastende Versuchen der alten Künstler und Hand-

werker und ohne die kärglichen und durch die Dumpfheit des Mittelalters durchgeretteten mannigfach verstümmelten Überreste ihrer technischen Literatur nicht den Höhepunkt der industriellen und technischen Kultur erreicht haben würden, auf den die heutige Welt so stolz ist. Wir stehen hoch — wer will es bezweifeln —, aber wir stehen auf den Schultern unzähliger Ahnengeschlechter und vor allem auf den Schultern der hell-nischen Denker und Künstler, welche die Götter liebten. So läßt denn dies Büchlein wie einst der ephesische Weise unbefangene Leser, namentlich aus dem Kreise der gebildeten Jugend, eingetrost in die rauchgeschwärzte Werkstätte einzutreten, wo die Flamme der Esse lodert: *Introite; nam et hic di sunt!*

Berlin, Ostern 1914.

VORWORT ZUR ZWEITEN AUFLAGE

Das Büchlein hat überall in Deutschland und darüber hinaus trotz der Ungunst der Kriegsjahre eine freundliche Aufnahme gefunden und, was mich am meisten freute, es ist von der Jugend, die teils noch die Schulbänke drückte, teils draußen in den Schützengräben die alte deutsche Mannhaftigkeit bewährte, mit Vergnügen gelesen worden. Ich konnte den Dank für diese freundliche Aufnahme nur dadurch zum Ausdruck bringen, daß ich das Unrichtige, was dem naturwissenschaftlichen Laien unterlaufen mußte, richtigstellte, hier und da Wissenswertes zufügte und vor allem den Kreis der Vorlesungen um eine vermehrte, deren Gegenstand, die antike Uhr, nicht fehlen durfte, wenn die höchste Leistung der antiken Technik hier nicht unerwähnt bleiben sollte.

Wenn in dem zahlreichen Chore der zustimmenden Äußerungen der philologischen und technischen Fachgenossen sich ein erfreuliches Einverständnis mit dem Zwecke

dieses Büchleins ergeben hat, so ist doch auch die einseitige Richtung, die ich in dem Vorworte zur ersten Auflage kennzeichnete, nicht ganz verstummt. Ein Vertreter der Technik meinte (in der *Wochenschrift f. d. öff. Bauwesen* 1916 H. 46), es sei ein großer Irrtum, daß die Ideenkraft der antiken und speziell der hellenischen Technik nicht geringer sei als die des modernen Technikers, und ein Archäologe, der einen Vortrag über Winckelmann hielt (*Humanist. Gymnas.* 1918 Heft 5. 6), ereiferte sich gegen die Bemühung, Euklid und Archimedes, Heron und Philon gegen Sophokles und Phidias auszuspielen.

Gegenüber solchen bedauerlichen Einseitigkeiten darf wohl daran erinnert werden, daß unsere Zeit und vor allem unser armes Vaterland mehr als je Männer braucht, die ein offenes Auge für beide Richtungen des menschlichen Geistes behalten. Es gilt jetzt alle Kräfte zusammenzunehmen, den Idealismus unserer klassischen und den Realismus unserer technischen Blütezeit. Sonst geht Deutschland und mit ihm die Kultur der ganzen Welt in Trümmer!

Berlin, Ostern 1919.

HERMANN DIELS.

INHALT

	Seite
I. Wissenschaft und Technik bei den Hellenen	1
II. Antike Türen und Schlösser.	40
III. Dampfmaschine, Automat und Taxameter	57
IV. Antike Telegraphie	71
V. Die antike Artillerie	91
VI. Die antike Chemie	121
VII. Die antike Uhr	155
Register	233



DIE AKADEMIE PLATONS

Mosaik von Torre Annunziata

(nach dem Archäologischen Anzeiger 1898, 2)

I

WISSENSCHAFT UND TECHNIK BEI DEN HELLENEN¹⁾

Die Deutsche Philologenversammlung hat vor allem den Zweck, die Männer der Forschung und der Lehre zusammenzuführen, um ihnen eindringlich dadurch zur Anschauung zu bringen, wie sich Theorie und Praxis verbinden müssen, wenn das gemeinsame Ziel unserer Jugendbildung erreicht werden soll, die werdende Generation mit dem Geiste der Wahrheit zu erfüllen, der in Wissenschaft und Kunst, in Religion und Sittlichkeit gleichmäßig walten muß, wenn wir unsere Kultur wirklich weiter und höher führen wollen.

Indem sich also in diesen festlichen Tagen Lehre und Leben, Erfinden und Anwenden, gelehrtes Wissen und pädagogische Kunst enger als sonst verbinden, erscheint es nicht unangemessen, zum Beginn dieser Tagung an dem Bilde der griechischen Kultur, die wohl noch immer in unseren Philologenversammlungen als paradigmatisch durchgeführt werden darf, die wohltätige Beeinflussung aufzuzeigen, durch die Wissenschaft und Praxis sich gegenseitig befruchten. Ich denke dabei nicht vornehmlich an Schulwissenschaft und Schulpraxis, obgleich ich zum Schlusse auch diese wichtigen Beziehungen berühren werde, sondern

1) Vortrag, gehalten in der Eröffnungssitzung des Marburger Philologentages am 30. September 1913. Abgedruckt in den *Neuen Jahrb. f. d. kl. Altert.* 1914. I. Abt. 23. Bd. S. 1—17.

ich fasse das ganze Gebiet der Wissenschaften und Techniken ins Auge, ohne jedoch die unendliche Vielgestaltigkeit der Erscheinungen auch nur andeutungsweise erschöpfen zu wollen. Denn es wäre übel, in oberflächlicher Polymathie über Dinge reden zu wollen, die einiges Sachverständnis voraussetzen, und durch geistreiche Allgemeinheiten die Einsicht in die Einzelheiten ersetzen zu wollen, ohne die es kein wahres Wissen gibt. Ich werde daher das Thema mit absichtlicher Unvollständigkeit so behandeln, daß ich einzelne Streiflichter auf bestimmte Gebiete und Stadien der Entwicklung fallen lasse, die meinen besonderen Studien näher liegen und als lehrreiche Beispiele dienen können.

Unter den alten Kulturvölkern ist das Hellenentum so spät hervorgetreten, daß die meisten technischen Erfindungen, deren man sich im Krieg und Frieden bediente, schon lange gemacht und überallhin verbreitet waren. Längst hatten die Jägervölker Speer, Pfeil und Bogen erfunden, längst hatte der Ackerbau Wagen und Pflug zu bauen gelehrt, längst durchfuhren raubende und handelnde Schiffer die weiten Meere, ehe der Hellene in die Geschichte eintrat. Ich muß auch die mykenische Kultur übergehen. Denn so hochbedeutsam, auch in technischer Beziehung, diese Blüteperiode der vorhellenischen Geschichte sich erweist, mit der hellenischen Wissenschaft hat weder diese Kultur selbst noch die poetische Verklärung, welche später die Homerische Poesie dieser Heroenzeit widmete, irgend etwas zu tun. Man spürt höchstens in dem selbstbewußten, freien Tone, den gegenüber Gott und der Welt das heroische Epos anschlägt, den autonomen Herrengeist, der den Griechen zum Philosophen, zum Mann der Wissenschaft im umfassendsten Sinne gemacht hat. Man spürt ferner in dem Einheitsdrange, mit dem Homer die politischen und reli-

giösen Sonderanschauungen der verschiedenen Griechensämme zusammenschaut und künstlerisch darstellt, etwas von dem rationalistischen Trieb nach Vereinheitlichung und Verallgemeinerung, den die griechische Naturwissenschaft von ihren ersten Anfängen an gezeigt hat. In Hesiods Muse ist sogar dieser halbphilosophische Drang nach Systematik teilweise bereits zu äußerlichem Schematismus erstarrt.

Wir richten vielmehr unsern Blick auf die ehrwürdigen Inkunabeln griechischer Wissenschaft, die das sterbende Ionien im 6. vorchr. Jahrh. als teuerstes Vermächtnis der Welt hinterlassen hat. An der Spitze steht der Milesier Thales, den die Legende bald als weltvergessenen Sterngucker darstellt, der bei seinen nächtlichen Himmelsbeobachtungen in den Brunnen fällt, bald als berechnenden Kaufmann, der die Ölkonjunktur schlau auszunützen versteht. Die ernste Historie aber kennt ihn als Techniker. Der älteste Zeuge zwar, der ihn erwähnt, Xenophanes, bewunderte seine astronomische Kunst, durch die es ihm gelang, Sonnenfinsternisse vorauszusagen. Aber Herodot, der über diesen Triumph der Astronomie uns die genaueste, wenn auch chronologisch falsch orientierte Nachricht überliefert hat, deutet doch für den Eingeweihten vernehmlich genug an¹⁾, daß nicht etwa

1) I 74 τὴν δὲ μεταλλαγὴν ταύτην τῆς ἡμέρης Θαλῆς ὁ Μιλήσιος τοῖσι Ἰωσὶ προηγόρευσε ἕσσεσθαι οὐρὸν προθέμενος ἐνιαυτὸν τοῦτον, ἐν τῷ δὲ καὶ ἐγένετο ἡ μεταβολή. Thales kannte die von den Chaldäern gefundene Sarosformel, nach der die Finsternisse in einem Zyklus von 18 Jahren 11 Tagen (die Tage sind ungenau) sich wiederholen. Da er nun die am 18. Mai 603 eingetretene große Sonnenfinsternis wahrscheinlich in Ägypten beobachten konnte, durfte er rechnen, daß nach 603 + 18 Jahren, also etwas nach dem 18. Mai 585, aber vor Ablauf des ἐνιαυτός, d. h. genauer des Sommersolstitiums (von ἐν-ιαύειν, also wörtlich „Ruhezeit“ nach der einleuchtenden Etymologie von C. Brugmann, *Idg. Forsch.* XV 87; XVII 319), d. h. vor Ablauf des Juni 585 die Finsternis stattfinden würde. In der Tat fand die Finsternis am 22. Mai dieses Jahres statt. Das richtige Jahr war den antiken Chronologen, wahrscheinlich aus Xanthos, bekannt. S. meine *Vorso-*
kratiker I A 5 (I⁸ 7, 21).

bereits wissenschaftliche Einsicht in die Bewegung der Gestirne den Milesier zur Vorhersage befähigt hatte, sondern eine empirisch erprobte, vermutlich von den Chaldäern entlehnte Wahrscheinlichkeitsrechnung. Er war also auf dem Gebiete der Sternkunde wohl kein Mann der Wissenschaft, sondern ein Techniker, freilich einer, der mehr weiß und kann als seine Landsleute und die umwohnenden Barbaren. Wenigstens erhielt sich bis zu Herodots Zeit das Gerücht, er sei von Kroisos vor der Schlacht am Halys zur Ableitung des Stromes herangezogen worden.¹⁾ Der Historiker verwirft freilich diese Erzählung und läßt das lydische Heer auf den gewöhnlichen Brücken über den Halys rücken. Wenn er damit recht hat, so muß die Legende im 5. Jahrh. jedenfalls solche Künste der Wasserbautechnik den milesischen Astronomen zugetraut haben. In der Tat wissen wir jetzt, daß Xerxes die berühmten Schiffsbrücken über den Hellespont, die dem Strom und dem Sturme besser standhielten als die vorher von den ägyptischen und phönikischen Ingenieuren erbauten²⁾, durch Harpalos³⁾ herstellen ließ, der doch wohl mit Recht mit dem Astronomen identifiziert worden ist, der zwischen Kleostratos von Tenedos und Meton von Athen, d. h. zwischen der zweiten Hälfte des 6. und der zweiten Hälfte des 5. Jahrh., gelebt haben muß. Er hat sich durch die Verbesserung der Oktaëteris des Kleostratos einen Namen gemacht. Da die babylonische Astronomie bis tief in das

1) Herod. I 75.

2) Herod. VII 34. Die Überreste der ungeheuren Tuae sah Herodot wohl in Athen (IX 21).

3) *Laterculi Alexandrini* 8, 8 (Abh. d. Berl. Ak. 1904 S. 8), von Rehm, *Pauli-W. R.-Enc.* VII 2401 und Ginzel, *Chronologie* II 386 übersehen. S. unten S. 26⁸.

6. Jahrh. hinein weder den achtjährigen noch den neunzehnjährigen Schaltzyklus kennt¹⁾, so darf man diese Kalenderordnung, die auf dem Festlande sicher bis in das 7. Jahrh. hinaufreicht, als eine echt hellenische Observation betrachten, der die ionischen Astronomen immer mehr wissenschaftliche Sicherheit und praktische Brauchbarkeit zu geben suchten. Wie praktisch diese antiken Kalender eingerichtet waren, ersieht man aus den Bruchstücken zweier „Steckkalender“, griech. *Parapegmata* (Tafel 1), die sich bei den deutschen Ausgrabungen in Milet (seit 1899) gefunden haben.²⁾ Sie waren nach dem Muster des von Meton i. J. 432 v. Chr. in Athen aufgestellten öffentlichen Kalendariums, auf das verwiesen wird, eingerichtet. Durch das Beistecken von Bronzetäfelchen mit den Monatsnamen und Tagesziffern des veränderlichen zivilen Kalenders in die Löcher, die an der Seite oder zwischen den Zeilen des in Marmor eingegrabenen ewigen Sternkalenders angebracht waren, hatte man ein bequemes Mittel gefunden, das unveränderliche Sonnenjahr, die Stern-Auf- und -Untergänge und die damit verbundenen Wetteranzeigen mit dem offiziellen Kalender der Stadt in Verbindung zu setzen. Es ist kein Zweifel, daß zwar nicht die gefundenen Exemplare, wohl aber die ganze Einrichtung in Milet uralt und mit den Studien der milesischen Astronomen eng verknüpft war.

Da die milesische Schule des Thales durch Kleostratos auf Tenedos fortgesetzt worden zu sein scheint³⁾, der auf dem gegenüberliegenden Berge Ida (1750 m) sein Ob-

1) Boll, *Entwicklung d. astron. Weltbildes* (Kultur d. Gegenw. III 3, Sonderabdr.) S. 27.

2) Diels und Rehm, *Parapegmenfragmente aus Milet*, Berl. Sitz.-Ber. 1904, 92ff. Vgl. Dessau ebd. S. 266.

3) *Vors.* I³ 8, 40 Note; II³ 197.

servatorium errichtet hatte¹⁾, so gehört vielleicht auch Harpalos, der seinen Kalender rektifizierte, in diese Reihe. Dann begriffe man, wie ein in Tenedos lebender Techniker, der die schwierigen Flutverhältnisse in den Dardanellen aus der Nähe beobachtet hatte (die ionische Astronomie dient ja von Thales und Kleostratos her den praktischen Aufgaben des milesischen Handels, der das Schwarze Meer als seine Domäne ansah), seine Brückenkonstruktion mit besserem Erfolge einrichten konnte als die fremden Ingenieure.

Aber das großartige Werk des Harpalos steht nicht allein da. Schon vor Xerxes hatten ionische Techniker Ähnliches geleistet. Herodot sah in seiner Jugend im Hera-tempel zu Samos ein Bild, das die für Dareios im Feldzug gegen die Skythen bei Byzanz über den Bosporus geschlagene Schiffsbrücke darstellte. Er berichtet darüber²⁾: „Dareios war über den Brückenbau sehr erfreut und beschenkte den Architekten Mandrokles aus Samos über und über. Von diesen Geschenken stiftete Mandrokles als Weihgabe ein Bild, das die Überbrückung des Bosporus und den König Dareios auf seinem Throne und sein Heer, wie es hinüberzieht, darstellte. Dieses Bild, das er in dem Hera-tempel stiftete, trug folgende Inschrift:

1) Theophr. De sign. 4 (*Vors.* II² 197, 8). Diese Station auf dem Ida scheint gleichzeitig etwa mit Kleostratos Xenophanes zu seiner wunderlichen Beobachtung über die Entstehung des Sonnenfeuers aus zerstreuten Lichtbündeln bei Sonnenaufgang benutzt zu haben. Wenigstens führe ich diese bei Lukrez (aus Epikurs Physik) V, 662 ff. erwähnte Beobachtung, die mit den sonstigen Berichten über die naturwissenschaftlichen Studien des Kolophoniers in Paros, Syrakus, Malta gut stimmt, auf Xenophanes zurück. Denn der einzige, der die Hypothese der täglich neu sich bildenden Sonne sonst noch vertreten hat, Heraklit, ist solchen empirischen Beobachtungen durchaus abgeneigt. Er haßt die „Polymathie“ des Xenophanes.

2) IV 87. 88.



Fragment eines Steckkalenders aus Milet (109 v. Chr.).

Umschrift:

Linke Spalte

1. • ἐν τοξ[ότῃ] ὁ ἥλιος
2. • ὥριων] ἐώιος δύνει καὶ προ-
κύνων ἐ]ώιος δύνει
3. • κύνων ἐ]ώιος δύνει
4. • τοξό]της ἄρχεται ἐώιος ἐ-
πιτέλλων καὶ περσεὺς ὅ-
λος ἐ]ώιος δύνει
7. • σκ]ορπίον τὸ κέντρον ἐπι-
τέ]λλει ἐώιον
10. • τ]όξευμα ἐώιον ἐπιτέλλει
11. • ἰχ]θὺς ὁ νότιος ἄρχεται, ἀκρό-
νυχος δύνειν
12. • ἀε]τὸς ἐώιος ἐπιτέλλει
13. • δίδυμ]οι μεσοῦσι δνόμε-
νοι]

Rechte (mittlere) Spalte

1. • ἐν ὑδροχόωι ὁ ἥλιος
2. • [λέων] ἐώιος ἄρχεται δύνων
καὶ λύρα δύνει
5. • ὕρνης ἀκρόνυχος ἄρχεται δύνων
15. • ἀνδρομέδα ἄρχεται ἐώια ἐπι-
τέλλειν
18. • ὑδροχόος μεσοῖ ἀνατέλλων
19. • ἵππος ἐώιος ἄρχεται ἐπι-
τέλλειν
21. • κένταυρος ὅλος ἐώιος δύνει
22. • ὕδρος ὅλος ἐώιος δύνει
23. • κῆτος ἄρχεται ἀκρόνυχον
δύνειν
24. • × οἰστός δύνει, ξεφύρων ὤ-
ρα συνεχῶν
29. • ὕρνης ὅλος ἀκρόνυχος δύνει
30. • [ἀρκτοῦρος] ἀκρόνυχος ἐπι-
τέλλει]

MILESISCHER STECKKALENDER

(Tafel I)

Übersetzung des griechischen Textes.

Linke Spalte:

1. Sonne im Schützen
2. Frühuntergang des Orion und Frühuntergang des Prokyon
3. Frühuntergang des Sirius
4. Frühaufgang des Schützen und Frühuntergang des ganzen Perseus
7. Frühaufgang des Skorpionstachels
10. Frühaufgang des Pfeils (des Schützen)
11. Frühuntergang des südlichen Fisches
12. Frühaufgang des Adlers
13. Halber Untergang der Zwillinge

* * *

Rechte (mittlere) Spalte:

30 Tage (des Wassermanns)

1. Sonne im Wassermann
2. Frühuntergang des Löwen und Untergang der Leier
5. Spätuntergang des Schwans
15. Frühaufgang der Andromeda
18. Halber Aufgang des Wassermanns
19. Frühaufgang des Pferdes
21. Frühuntergang des ganzen Kentauren
22. Frühuntergang der ganzen Hydra
23. Spätuntergang des Walfischs
24. Untergang des Pfeils, beständiges Zephyrwehen
(× bed. Frühlingsanfang)
29. Spätuntergang des ganzen Schwans
30. Spätaufgang des Arkturos

Der die Brücke gebaut jüngst über des Bosporos Fluten,
Mandrokles hat geweiht Hera zu Ehren das Bild.
Für sich selber gewann er den Kranz, für die Samier Weltruhm,
Und das vollendete Werk ward auch vom König belobt.“

Dieser samische Ingenieur, der sich durch seine Weihinschrift die Unsterblichkeit gesichert hat, ist ein Landsmann und Zeitgenosse des Pythagoras, der freilich damals bereits seine Heimat verlassen hatte. Wenn Heraklit der Ephesier, der doch wohl hauptsächlich durch das Wirken des Philosophen in Samos Kunde von ihm erhalten hat, ihn gerade wegen seiner Polymathie tadelte¹⁾, so muß er sich doch wohl in seiner Heimat nicht bloß durch seine Zahlentheorie und seine Seelenwanderungslehre bekannt gemacht haben. Wir dürfen vielmehr vermuten, daß dieser eminente Mathematiker (wie Thales, Anaximander und die anderen Astronomen dieser Zeit) auch ein hervorragender, auf vielen Gebieten beschlagener Praktiker war, der seine Anregung und Ausbildung einer damals ungewöhnlich hohen technischen Kultur seiner Heimatinsel verdankte. Der Heratempel in Samos galt Herodot als eines der ersten Bauwerke der Welt. Die neuen Ausgrabungen Wiegands haben eine durch die Eurhythmie der Verhältnisse bewundernswerte Schönheit des alten, nach dem Sturz des Polykrates zerstörten Tempels herausgestellt.²⁾ Ob das Schema nach dem Hexagramm entworfen ist, das jüngst Odilo Wolff als die Norm der antiken Tempel hat erweisen wollen³⁾, oder nach der Dreiecksberechnung, die Rob. Reinhardt am Theseion in Athen und am Tempel der Aphaia in

1) *Vors.* 12 B 40.

2) Wiegand, I. *Bericht über die Ausgrab. in Samos* (*Abh. d. Berl. Ak.* 1911) S. 19.

3) O. Wolff, *Tempelmaße*, Wien 1912.

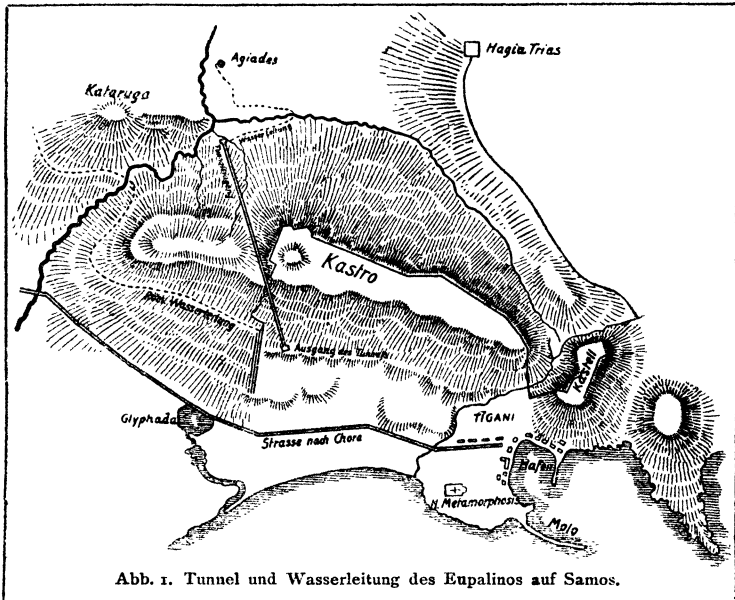


Abb. 1. Tunnel und Wasserleitung des Eupalinos auf Samos.

Ägina erprobt hat, mögen die Fachleute entscheiden.¹⁾ Aber auch die einfachen Proportionen, die Wiegand festgestellt hat, zeigen, daß der Architekt, mag es Theodoros oder Rhoikos sein, seinen Grundriß mathematisch durchdacht hat. Noch weiter führt das andere von Herodot²⁾ gepriesene Wunderwerk von Samos, die ebenfalls durch deutsche Forschungen wiederentdeckte Wasserleitung des Eupalinos³⁾, die durch den über Samos sich erhebenden Berg Kastro vermittelt eines kilometerlangen Tunnels aus der jenseits des Berges liegenden Quelle in die Stadt ge-

1) R. Reinhardt, *Die Gesetzmäßigkeit der gr. Baukunst I. Der The-seustempel in Athen*, Stuttgart. 1903. Vgl. J. Durm, *Z. d. Verb. D. Architekten und Ing.-Vereine* 1912 Nr. 22 S. 190ff.; Nr. 23 S. 200ff.

2) III 60.

3) Fabricius, *Athen. Mitt.* IX (1884) S. 165ff.

Diels, *Antike Technik*, 2. Aufl.

der Ingenieurkunst. Glücklicherweise hat uns Heron¹⁾ in seiner Dioptra eine schematische Bearbeitung dieses Nivellements gegeben, das durch eine Reihe von rechtwinkligen Koordinaten und Dreieckskonstruktionen festgelegt wird (Abb. 2, S. 10). Er schließt mit den siegesgewissen Worten: „Wird der Tunnel auf diese Weise hergestellt, so werden sich die Arbeiter (von beiden Seiten) treffen.“

Dies ist auch in Samos geschehen, wenn auch nicht ganz genau, wie das auch heute noch trotz der Verfeinerung der Instrumente und Methoden vorkommt. Jedenfalls gestattet diese Leistung des Eupalinos einen Schluß auf den hohen Stand der technisch-mathematischen Bildung jener Zeit und auf die Einsicht des Polykrates, der die großen Mittel zur Durchführung des Projekts gewiß nicht bewilligt hätte²⁾, wenn die leitenden Kreise in Samos damals um die Mitte des 6. Jahrh. nicht von der Möglichkeit eines solchen Werkes überzeugt gewesen wären. Daraus darf man schließen, daß die Kultur von Samos, in der Pythagoras aufwuchs, die wissenschaftliche Grundlage lieferte, die dem Eupalinos, der aus dem durch die Wasserleitung des Thea-

1) Heron, Dioptr. 15 (III 238 ed. H. Schoene): ὅρος διορύξαι ἐπ' εὐθείας τῶν στομάτων τοῦ ὀρύγματος ἐν τῷ ὄρει δοθέντων. Erläutert von W. Schmidt in der *Bibl. math.* III. Folge IV (1903) S. 7ff. Das Schema ist der samischen Geländeform so ähnlich, daß man denken könnte, der Verf. habe gerade dieses Weltwunder vor Augen gehabt.

2) Auf die Kostspieligkeit der Arbeit macht mit Recht Prof. Merriam aufmerksam. Er sagt (*The School of Mines Quarterly* IV, N. York 1885, 275): *It is only within a few years that a Tunnel of this magnitude and extent would not have been considered an engineering work of more than ordinary magnitude, not only in its engineering aspects, but as a financial enterprise. . . . The methods of excavation in rock must have been slow and tedious when this Tunnel was made, compared with the rapid work of Gunpowder and Dynamite at the present day, and it would be especially interesting to know all the tunnelling processes employed by the ancients, among these not the least in interest would be the ventilation of the Tunnel during the process of the work without ventilating shafts.*

genes berühmten Megara stammte, gestattete, seine Wasserleitung mitten durch den Berg zu legen. Denn daß Megara selbst, das damals längst in seiner Blüte geknickt war, diese hohe geodätische Leistung hätte hervorbringen können, ist

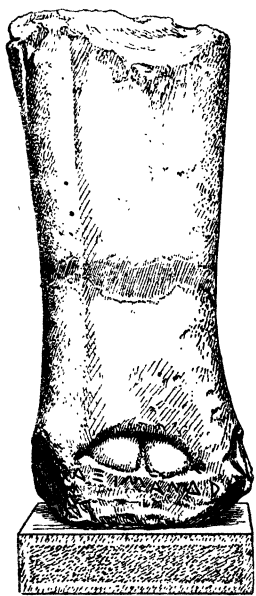


Abb. 3. Erhaltener Unterteil der Anaximandros in Milet errichteten Ehrenbildsäule. (6. Jahrhundert.)

sehr unwahrscheinlich. Freilich weder das Festland noch Samos, sondern Milet ist der eigentliche Ausgangspunkt für die wissenschaftliche Bewegung geworden, ohne die auch Pythagoras nicht zu denken ist. Ich gehe nicht so weit wie Haeckel, der jüngst auf dem Monistenkongreß in Düsseldorf in der Weltgeschichte überhaupt nur drei große Philosophen (abgesehen von sich selbst) anerkannt hat¹⁾: Anaximander und Anaximenes von Milet und als dritten Wilhelm Ostwald von Riga. Allein auch mir steht fest, daß ohne Anaximanders geniale Intuition weder Pythagoras noch Heraklit denkbar sind. Aber dieser außerordentliche Mann war kein Stubengelehrter. Er ist groß geworden in der frischen Seeluft Milets, dessen überseeische Handelspolitik ihn auch zu prak-

tischem Eingreifen veranlaßte. Er leitete die Kolonisation von Apollonia am Pontos, er gab seinen Landsleuten zur Orientierung die erste Weltkarte in die Hand, die dann erweitert durch Hekataios lange Zeit maßgebend blieb, er entwarf ihnen auch eine Himmelskarte zur Orientierung der Schiffer bei Nacht. Nach solchen unmittelbar der

2) Bericht der *Tägl. Rundschau* 12. Sept. 1913.

Praxis dienenden Leistungen versteht man, warum die Milesier ihrem Mitbürger eine Ehrenstatue errichteten (Abb. 3 S. 12), deren Überreste bei den deutschen Ausgrabungen sich gefunden und im Berliner Museum nunmehr ihren Ehrenplatz erhalten haben.¹⁾

Allein in diesen praktischen Betätigungen setzt Anaximander nur das Werk des Thales fort. Weit über ihn hinaus schritt er durch seine philosophischen und astronomischen Spekulationen. Nicht ein sinnlich wahrnehmbarer Urstoff liegt dem Universum zugrunde, sondern das in ewiger Bewegung, in wechselnder Ausgestaltung und Rückbildung befindliche Unendliche (*ἄπειρον*). Unsere Erde und der sie umgebende Kosmos ist nur ein vorübergehender Spezialfall der Emanation des Unendlichen. Vor uns, nach uns, neben uns werden unzählige Welten aus dem *Apeiron* ausgeschieden. Aber so sehr diese Aussonderungen, wie alles Irdische, mit dem Stempel der Vernichtung versehen sind, sie tragen doch in ihrer Wohlordnung die Spuren des höheren, ewigen Ursprungs in sich. Der Hellene definiert die Schönheit als das richtige Verhältnis der Proportionen. So faßt Anaximander die regelmäßige Bewegung der Gestirne, deren kreisförmige Bahnen er zuerst aus seinen astronomischen Beobachtungen erschlossen hatte, als eine Harmonie der Sphären auf, die er durch die symmetrisch geordneten Abstände dieser Gestirnbahnen verdeutlichte. Dabei spielten die uralte heilige Dreizahl und ihre Vielfachen eine geheimnisvolle Rolle. Die Erde selbst ist für Anaximander noch eine flache Walze im Zentrum der Bewegung. Ihre Höhe steht zur Breite in dem Verhältnis von 1 : 3. Drei Gestirnsphären umkreisen sie: der Sternkreis, der

1) Die Zeugnisse über Anaximandros stehen *Vors.* I⁸ 14—21

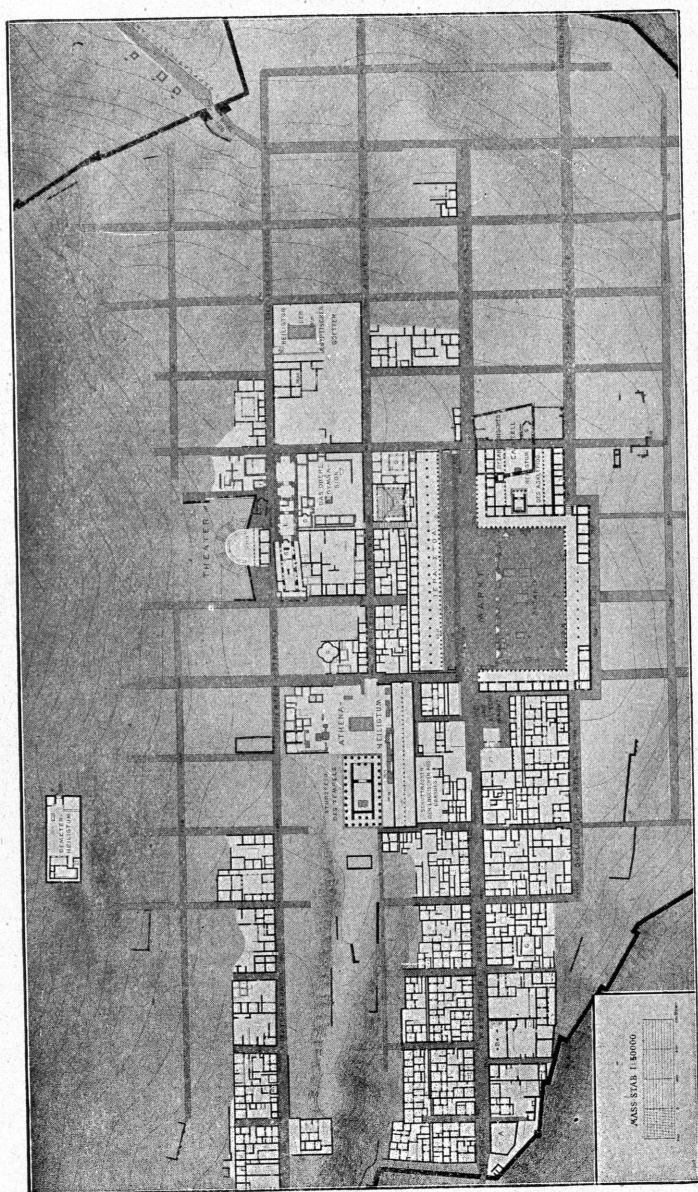
Mondkreis und der Sonnenkreis, deren Abstände, wie es scheint, auf 9, 18 und 27 Erddurchmesser angenommen wurden. So kindlich diese Zahlen einer fortgeschrittenen Wissenschaft erscheinen müssen, der Grundgedanke einer in Zahlen ausdrückbaren Harmonie unseres Weltsystems war richtig. Wer Anaximanders Sphärentheorie betrachtet, wird an die Worte Schillers erinnert, mit denen er das Erwachen der hellenischen Wissenschaft in den „Künstlern“ feiert:

In selbstgefall'ger, jugendlicher Freude
Leiht er den Sphären seine Harmonie,
Und preiset er das Weltgebäude,
So prangt es durch die Symmetrie.¹⁾

Gewiß, die Symmetrie, das Ebenmaß, ist es, was Platon wiederholt als das Kennzeichen der Schönheit und Wahrheit angibt.²⁾ Die Metra sind es, welche die Bahnen der Sonne und nicht minder die Grenzen des menschlichen und des kosmischen Lebens bei Heraklit bestimmen. Die Proportion, der Logos ist es, der dem pendelnden Wechsel von Entstehen und Vergehen seine unüberschreitbaren Grenzen setzt. Wie Heraklit in dieser Anerkennung des mathematischen Gesetzes sich als Schüler Anaximanders ausweist, so hat sich Pythagoras durch seine exakten Beobachtungen z. B. der musikalischen Intervalle und durch seine Fortschritte in der eigentlichen Mathematik und Himmelskunde noch enger an die milesische Schule angeschlossen. Leider ist das einzelne seiner persönlichen

1) S. meinen Aufsatz *Über Anaximanders Kosmos* im *Archiv f. Gesch. d. Philos.* X (1897) S. 228—237.

2) Phileb. 64 E. S. Trendelenburg, *Das Ebenmaß, ein Band der Verwandtschaft zwischen der griechischen Archäologie und griechischen Philosophie.* Kleine Schr. II 316ff.; Kalkmann, 53. *Winckelmannsprog.*, Berl. 1893, S. 4ff.



Plan von Priene.

Tätigkeit schwer abzutrennen von der außerordentlichen Rührigkeit der durch ihn gegründeten italischen Schule. Durch die Erfolge dieser Schule hat sich im 5. Jahrh. die Meinung in weite Kreise verbreitet, das ganze physische und geistige Leben des Menschen lasse sich wie ein Rechenexempel mit Zahlen begreifen. Das Rechnen, die *ratio*, ergreift die Menschheit, und der Kampf mit dem Irrationellen wird auf der ganzen Linie aufgenommen. Die hervorragendsten Köpfe zermartern sich an der Quadratur des Zirkels, alles soll mit Richtigkeit und Lineal geordnet, alles mit der Zahl gemeistert werden. Der Paroxysmus des Rationalismus erfaßte vor allem die Technik. Ich begnüge mich, an zwei Beispiele aus der zweiten Hälfte des Jahrhunderts der Aufklärung zu erinnern: an Hippodamos von Milet und Polykleitos von Argos.

Hippodamos, der Landsmann Anaximanders, hat sich zwar auch der altonischen Naturwissenschaft gewidmet¹⁾, bekannt geworden aber ist er als Architekt im großen Stile. Perikles, der ja die modernen Rationalisten liebte, ließ durch ihn einen neuen Plan des Piräeus entwerfen. Rechtwinklig sich kreuzende Straßen, nach den Himmelsrichtungen orientiert, sollen zugleich der mathematischen Regelmäßigkeit wie der Hygiene dienen. So sind von ihm auch Thurioi und Rhodos neu angelegt worden. Sein System hat auch noch im folgenden Jahrhundert bei allen Neuanlagen den Sieg davongetragen. Alexandreia und vor allem das von uns ausgegrabene Priene, dessen Plan (Tafel II) im 4. Jahrh. entworfen und mit unerhörter Willkür der widerstrebenden Natur aufgezungen ist, künden den nachwirkenden Ein-

1) Hesych. s. v. Ἰπποδάμου νέμηςς nennt ihn μετεωρολόγος. S. Vors. I² 293 c. 27.

fluß des Hippodamos, dessen italische Gründung wohl nicht ohne Einfluß auf das langweilige Bauschema gewesen ist, wie es der römische Lagerplan und Pompeji aufweisen.¹⁾ Freilich fehlte es dem Baumeister nicht an Widerspruch. Aristophanes hat ihn in den „Vögeln“ unter der Maske des Astronomen Meton, „den Hellas und Kolonos kennt“, verspottet.²⁾ Er tritt mit Lineal und Zirkel bewaffnet auf, um die Stadt mathematisch regelmäßig anzulegen: in der Mitte der Markt, von dem strahlenförmig die geradlinigen Straßen nach der Peripherie laufen sollen. Ein Vorbild für Karlsruhe (gegr. 1715) und den Rationalismus des XVIII. Jahrh., dem solche Stadtpläne entsprangen. Aber der Ehrgeiz des Hippodamos reichte weiter. Er entwarf nicht nur Stadtpläne, sondern auch Staatsverfassungen, in denen wieder die übliche Dreizahl eine beherrschende Stellung einnimmt. Drei Stände: Bauern, Handwerker, Krieger; dreierlei Grundbesitz: Staatsland, Tempelland, Privatland; dreierlei Klageformen: Injurienklage, Schadenklage, Mordklage; dreierlei Abstimmung der Richter: Verurteilung, Freispruch, keins von beiden mit Motivierung. Natürlich ist diese dreieckige Verfassung Papier geblieben.³⁾

1) Wilamowitz, *Staat u. Gesellsch. d. Griech. (Kultur d. Gegenw.* II, IV 1) S. 121. Daß die Technik der Agrimensoren ursprünglich griechisch ist, scheint das Hauptinstrument, die *groma* oder *gruma*, zu beweisen, dessen Ableitung von *γνώμα* (besser von *γνώμωνα*) durch das Etruskische jetzt befriedigend aufgeklärt ist. W. Schulze, *Berl. S.-Ber.* 1905 S. 709. Thulin, *Pauly-W. R.-Enc.* VI 728, 7. Die Darlegung von O. Müller, *Etrusker*² II 154 erhält in allem Wesentlichen ihre Bestätigung. Fraglich bleibt nur, ob diese griechische Mathematik in Italien auf Hippodamos selbst oder seine Vordermänner (etwa durch Pythagoras vermittelt) zurückgeht. Vgl. Beloch, *Campanien*² 67. 230. 345; Taf. II. VIII. Die etruskische Festung Marzabotto (Brizio, *Monum. ant.* I 429ff. 278; Taf. I. V) ist nicht älter als 500.

2) Arist. Vög. 992.

3) Ein letzter Ausläufer dieser Pythagoreischen Staatsmathematik sind Platons Gesetze. S. Zeller, *Ph. d. Gr.* IIa 956f.

Eine noch verhängnisvollere Rolle spielte der Mißbrauch der mathematischen Wissenschaft damals in der Plastik. Diese feinste Blüte der hellenischen Kunst ist auch von dem Mehltau des arithmetischen Rationalismus befallen worden. Auch der bildende Künstler sollte jetzt wissenschaftlich arbeiten. Der dies verlangte, war einer der hervorragendsten Meister, der Argiver Polyklet, dessen Werke auch jetzt noch das Auge des Kunstfreundes entzücken. Aber wie Leonardo, Dürer und manche neuere Meister verfiel er ins Grübeln. Und als das Ergebnis seines Nachdenkens veröffentlichte er ein Buch in dem krausen Stile, den die Künstler lieben. Es trug den ominösen Namen „Kanon“, Lineal!¹⁾ Die Einzelheiten dieser Kunstlehre sind nicht mehr kenntlich.²⁾ Nur sieht man, daß auch hier in den normalen Proportionen des Gesichtes und des übrigen Körpers die heilige Dreizahl und daneben die Dekas bevorzugt wird. Daß Polyklet pythagoreischen Einfluß erfahren hat, scheint aus der Fassung des unten er-

1) Vors. 1⁸ 294 c. 28 verzeichnet die geringen Bruchstücke dieser Schrift.

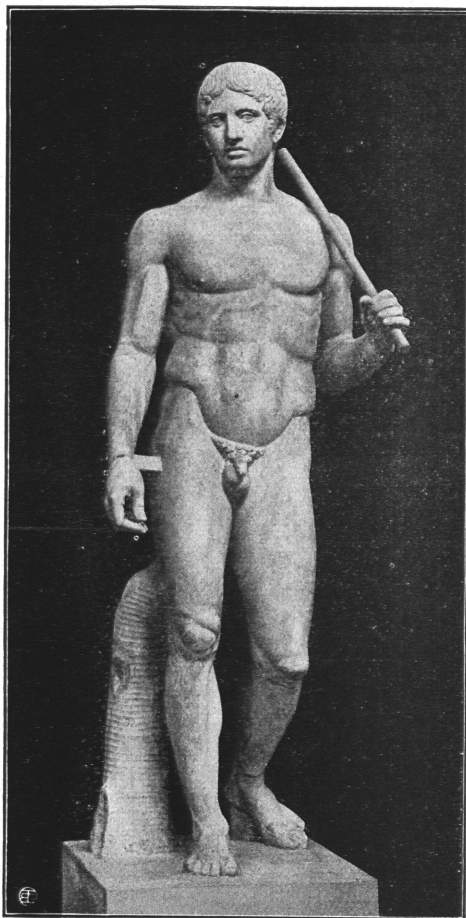
2) Trotz der mühsamen Messungen A. Kalkmanns im 53. Winckelmannsprog. (*Die Proportionen des Gesicht, in der gr. Kunst*). Vgl. auch Kalkmanns *Nachgelassenes Werk* herausgeg. v. N. Voß S. 5. Wenn nach Diodoros I 98,5 ff. die Priorität des Polykletischen Kanongedankens, wie so vieles andere Hellenische, auf Ägypten zurückgeführt wird, indem die samischen Künstler Telekles und Theodoros, die Söhne des Rhoikos, in Ägypten das Gleichmaß der Statuen dort gelernt hätten, und wenn das ägyptische Modulmaß dort genau angegeben wird, so wissen wir jetzt, daß dies alles Flunkerei des Hekataios von Abdera ist, der die ganze hellenische Kultur auf Ägypten zurückzuführen sucht. So wird auch die Polemik verständlich a. a. O. § 6: „die Ägypter beurteilen die Symmetrie nicht nach dem bloßen Augenmaß (οὐκ ἀπὸ τῆς κατὰ τὴν ὄρασιν φαντασίας) wie die Hellenen“, was offenbar, wie C. Robert mir bemerkte, auf den S. 18 Anm. 1 erwähnten Ausspruch des Lysipp zielt. — Nicht klar ist mir der Zusammenhang des byzantinischen Kanons (9 Kopflängen, Dreiteilung des Gesichts außer dem Haare: Stirn, Nase, Kinn) in der *Ἐμπνεῖα τῆς ζωγραφικῆς*. S. G. Schäfer, *Das Handbuch d. Malerei vom Berge Athos* (Trier 1855) S. 82.

wählten Ausspruches hervorzugehen. Aber wenn Vitruv außerdem noch neun Künstler nennt, die *praecepta symmetriarum* verfaßt haben (praef. VII 14), so kann, wie C. Robert für den hier genannten Pollis es vermutet (*Jahrb. d. K. Arch. Inst.* 30, 1915, 241) auch einer oder der andere in die Zeit des Pythagoras hinaufrücken, so daß Polyklet bereits Vorgänger gehabt hätte. Glücklicherweise hat sich der Künstler in seinem Doryphoros (Tafel III), den er als Beispiel seiner Theorie aufstellte, nicht streng an sein System gehalten, und die Kunst des 4. Jahrh. hat sich in bewußten Gegensatz zu dieser Pseudowissenschaft gesetzt. Lysippos verlangte eine moderne Symmetrie, die nicht die Wirklichkeit, sondern den Schein der Wirklichkeit zu berücksichtigen habe.¹⁾

Aber die Symmetrie des Polykletischen Kanons, die für die Darstellung des Menschen so wenig paßte, hat sich dauernd in einer anderen Technik bewährt, wo sie in der Tat angebrachter war, in dem Bau der antiken Geschütze. Der Mechaniker Philon, der älteste uns erhaltene Artillerieschriftsteller, beginnt seine Anweisung mit dem etwas dunkeln Leitsatz des Polykletischen Kanons: „Die Schönheit des Werks ergibt sich um ein kleines aus vielen Zahlen.“²⁾ Viele voneinander abhängige Zahlenverhältnisse, will er sagen, bedingen die wichtige Proportion eines Werkes. Durch ein geringes Versehen (*παρὰ μικρόν*) kann es geschehen, daß die Vollendung (*τὸ εὖ*) nicht erreicht

1) Plin. XXXIV 65 *symmetria, quam diligentissime custodiit nova intactaque ratione quadratas veterum staturas permutando, volgoque dicebat ab illis factos quales essent homines, a se quales viderentur esse.*

2) Mech. Synt. IV S. 50, 6 Thevenot: *τὸ εὖ παρὰ μικρόν διὰ πολλῶν ἀριθμῶν γίνεσθαι.* Neu übersetzt ist dieses Buch unter dem Titel Philons Belopoiika vom Generalleutnant E. Schramm in d. *Abh. d. Berl. Ak. d. W.* Jahrg. 1918 (phil. hist. Kl.) n. 16.



Polykleits Kanon. Der Doryphoros. Neapel.
Nach Brunn, Denkmäler.
Verlag F. Bruckmann, A.-G., München.

wird. Ein kleiner Fehler im Anfang zerstört beim Fortschreiten der Arbeit das Ganze. Die Proportion setzt also ein Grundmaß voraus, das in richtig abgestuften Vervielfachungen das ganze Bildwerk symmetrisch gestaltet. So ist's auch, fährt Philon fort, mit den Geschützen. Ein kleiner Fehler am Anfang rächt sich durch Fehlerhaftigkeit des ganzen Werkes.

Das Einheitsmaß, das die antiken Ingenieure beim Bau von Wurfmaschinen zugrunde legen, besteht in dem Kaliber, d. h. in dem Durchmesser des Lochs, in dem die elastischen Spannerven laufen, durch welche das Geschütz gespannt und entspannt, d. h. abgeschossen wird. Die Größe des ganzen Geschützes und die Spannkraft der Stränge muß also dem Gewicht der Steinkugel oder des Pfeils, die man abschießen will, entsprechend gebaut werden. Die alexandrinischen Ingenieure hatten nach Philon als beste Formel für die Feststellung der Kalibergröße gefunden:

$$k = 1,1 \sqrt[3]{100\mu},$$

d. h. der Durchmesser des Spannloches (k) muß so viel Daktylen betragen, als die Kubikwurzel aus der mit 100 multiplizierten Anzahl attischer Minen (μ) beträgt, welche die Steinkugel wiegt, wozu dann noch der zehnte Teil dieses Betrages hinzuzurechnen ist. Auf diese Maßeinheit werden dann alle Teile der Wurfmaschine zurückgeführt.

Philon sieht von der Höhe der alexandrinischen Technik, die in der Erfindung des Polybolon, des antiken Maschinengewehrs, durch Dionysios von Alexandreia¹⁾ allerdings ein Wunderwerk der Präzisionsmechanik geschaffen hat, etwas geringschätzig auf die alten Ingenieure herab. Allein es ist wohl nicht zweifelhaft, daß das mathematische Prinzip

1) S. über diesen und das Kapitel der antiken Geschütze den 5. Vortrag.

der Konstruktion auf die alten Meister der Artillerie zurückgeht, die um das Jahr 400 dem älteren Dionysios die erste kriegstüchtige Artillerie bauten und die dadurch mit zu den großen Erfolgen des genialen Fürsten beitrugen. Seiner wissenschaftlich-technischen Einsicht und seiner rücksichtslosen Tatkraft haben wir es zu verdanken, daß Sizilien und Italien damals nicht karthagisch wurden. Philistos¹⁾ hat als Augenzeuge in seinem Geschichtswerk eine lebhaftete Schilderung dieser artilleristischen Tätigkeit des Dionys gegeben, und Diodor²⁾ hat uns diesen vermutlich durch Timaios vermittelten Bericht erhalten. Man ersieht daraus die fieberhafte Anspannung aller verfügbaren geistigen und finanziellen Kräfte, um Heer und Flotte auf den höchsten Stand zu bringen. Statt der Trieren ließ er zwei neue Typen, Tetreren und Penteren bauen, vor allem aber veranlaßte er die Ingenieure, die er von allen Seiten berief und glänzend honorierte, neue Geschütze zu konstruieren, bei denen das Prinzip des alten Handbogens zu riesigen Maschinen ausgestaltet wurde.³⁾ Bei der Belagerung von Motye an der Westküste Siziliens (397 v. Chr.) spielten zum ersten Male auf den Strandbatterien die neugebauten Geschütze, welche die angreifende gewaltige Flotte des Himilko völlig zurückschlugen.

1) Fr. 34 (F. H. G. I 188).

2) Diodor XIV 41 ff.

3) Diod. a. a. O. § 42: *καὶ γὰρ τὸ καταπελτικὸν εὐρέθη κατὰ τοῦτον τὸν καιρὸν ἐν Συρακούσαις ὡς ἂν τῶν κρατίστων τεχνιτῶν πανταχόθεν εἰς ἓνα τόπον συνηγμένων*. Ephoros erwähnt zwar bei Plut. Per. 27 neue „Maschinen“, die der Klazomenier Artemon dem Perikles bei seiner Belagerung von Samos geliefert habe. Allein Diodor XII 28, 3 führt bei dieser Gelegenheit nur Widder an, die als karthagische Erfindung galten und längst im Gebrauch waren, und Schutzdächer (*κρίους καὶ χελώνας*). Die Neuerungen des Artemon mögen sich also auf das letztere beziehen. Vgl. Plin. VII 201.

Aus welchen Kreisen stammen nun wohl die Mechaniker, welche diese neue furchtbare Waffe schufen? Sizilien selbst und vor allem Syrakus stand bereits gegen Ende des 5. Jahrh. — das zeigen die wunderbaren Münzen des Euainetos und Genossen, die mit Selbstgefühl ihren Namen neben das Götterbild setzen — auf einer hohen Stufe künstlerischer und technischer Vollendung. Allein bei diesen neuen artilleristischen Aufgaben handelte es sich noch um etwas anderes. Es war, wie wir sahen, zur Konstruktion dieser Maschinen eine tüchtige mathematische Vorbildung erforderlich, die sich mit technischer Durchbildung vereinigen mußte. So denken wir an die pythagoreische Sekte¹⁾, vor allem an den berühmten, auch mit Dionys selbst in Verbindung getretenen Zeitgenossen Archytas aus Tarent. Er war aus der Schule der Pythagoreer hervorgegangen und vereinigte epochemachende mathematische Forschung und mechanisches Talent mit erfolgreichster praktischer Tätigkeit zum Wohle seiner Vaterstadt. Siebenmal trat er als Stratege an die Spitze des Staates, und niemals erlitt er, wie Aristoxenos²⁾ bezeugt, eine Niederlage. Er war der erste Mathematiker, der speziell die Mechanik wissenschaftlich ausbaute³⁾ und der auch praktisch sich mit solchen Problemen beschäftigte. Es wird erzählt⁴⁾, daß er als großer Kinderfreund eine Klapper erfunden und eine fliegende Taube konstruiert habe, die durch einen verborgenen pneumatischen Mechanismus die Flügel regen und emporflattern konnte. Es ist selbstverständlich, daß ein solches mathematisch-technisches Genie als Stratege sein Talent auch

1) Diodor nennt XIV 41, 3 unter den von allen Seiten berufenen Ingenieuren auch τοὺς ἐξ Ἰταλίας

2) Diog. VIII 82 (Vors. 35 A 1; I^s 322, 21).

3) Diog. a. a. O. S. 83 (Vors. I 322, 23).

4) Aristot. Pol. Θ 8. Gell. X 12, 8 (Vors. 35 A 10. 11; I^s 325, 18ff.).

in den Dienst des Vaterlandes stellte. Doch ist uns darüber leider nur eine allgemein gehaltene Nachricht überliefert.¹⁾ Allein die Heimat des Archytas und seine Zugehörigkeit zum pythagoreischen Bunde erinnert an einen anderen Mechaniker, Zopyros, der durch eine neue Konstruktion des sogenannten Gastraphetes, die mit seinem Namen verbunden wird, in eine nähere Beziehung zu den Neuerungen des Dionys gesetzt werden muß.

Seit Urzeiten war in Griechenland der Bogen bekannt, und die Bogenschützen spielen in allen Kämpfen eine Rolle, wenn sie auch nicht als die rühmlichste Waffe galten. Beim Bogen verbindet sich die Elastizität des Bogenarmes mit der Tiersehne, um den aufgelegten Pfeil abzuschießen. Aber je stärker Bogen und Sehne werden, um so schwieriger wird für die menschliche Hand die Spannung.²⁾ So kam man auf die Erfindung der Armbrust, welche gleichsam zwischen Bogen und Katapulte die Mitte hält.³⁾ Aber man blieb dabei nicht stehen, sondern konstruierte ein armbrustähnliches Gewehr unter dem Namen Gastraphetes (wörtl. Bauchabschießer), das die Kraft des ganzen Körpers zur Spannung benutzte und ein ruhiges Zielen und Abdrücken gestattete. Sie werden am nächsten Freitag in der Saalburg ein Modell dieser Waffe, wie es Heron beschrieben und Generalmajor Dr. Schramm rekonstruiert hat, sehen und sich überzeugen können, daß der Schritt von diesem Bauchgewehr zu den verschiedenen Arten von Wurfmaschinen, die Sie dort auch sehen werden, nur ein kleiner ist. Auch Heron, der in der Einleitung sei-

1) Vit. VII Praef. 14 u. S. 21 Anm. 1.



2) Vgl. Heron, *Belopoiika* 4 (Poliorcet. S. 75, 8 Wescher); auch diese Schrift ist übersetzt von Schramm in den *Abh. d. Berl. Ak. ph.-h. Kl.* 1918 No. 2 S. 8, 12 (mit 23 Textbildern).

3) Über die Armbrust u. die weiteren Geschützserfindungen s. Kap. V.

ner Lehre vom Geschützbau die Entwicklung vom Handbogen zu der großen Artillerie verfolgt, gibt dem Gastraphetes diese Mittelstellung. Nun überliefert uns der alexandrinische Kriegsschriftsteller Biton¹⁾ zwei etwas komplizierte Modelle dieses Gewehrs, die Pfeile von 6—7 Fuß abzuschießen gestatteten und mit einem Haspel gespannt wurden, wobei freilich der Name Gastraphetes seinen ursprünglichen Sinn eingebüßt hat. Das größere Modell wird als Gebirgsgeschütz (*ὄρεινοβάτης γαστραφέτης*) bezeichnet.²⁾ Die maschinellen Verbesserungen dieser Handwaffe werden von Biton dem Tarentiner Zopyros zugeschrieben, der sowohl für Milet wie für Cumae gearbeitet habe. Wenn nun in dem Pythagoreerkatalog des Iamblichos³⁾, der auf Aristoxenos zurückgeht, ein Zopyros aus Tarent erscheint, der spätestens um die Mitte des 4. Jahrh. gelebt haben muß, darf man nicht diesen Landsmann und Bundesbruder des Archytas mit dem Mechaniker des Gastraphetes identifizieren? Sollte nicht seine Verbesserung der Handwaffe mit der großartigen, durch Dionys ins Leben gerufenen artilleristischen Tätigkeit dieser Zeit zusammenhängen? Endlich: wird nicht durch solche Zusammenhänge mit der mathematisch-pythagoreischen Schule das früher berührte, bei Philon, Vitruv, Heron festgehaltene wissenschaftliche Fundament der antiken Geschütztechnik auf das einfachste erklärt?

Die pythagoreische Anschauung von der Allmacht und Herrlichkeit der Zahl und von ihrer fundamentalen Wich-

1) Poliorc. S. 61 ff. Wescher.

2) A. a. O. S. 64. Die Erscheinung, daß alte Namen sinnlos fortgeführt werden, wiederholt sich beim Euthytonon und Palintonon, die nur Sinn haben für den gewöhnlichen einfach gebogenen () und den skythischen () , nach der entgegengesetzten Seite (*πάλιν*) gebogenen Handbogen, nicht für die Katapulte.

3) Vit. Pyth. 267 (*Vors. I*⁸ 344, 31).

tigkeit für die exakte Wissenschaft hat damals niemand eindringlicher gepredigt als Philolaos, der erste Pythagoreer der strengen Schule, von dem es Lehrbücher gab. „Die Natur der Zahl“, heißt es Fr. 11, „ist kenntnispendend, führend und lehrend für jeglichen in jeglichem Dinge, das ihm zweifelhaft oder unbekannt ist.“¹⁾ Auch dieser Pythagoreer, den wir nur als einen fast mystischen Theoretiker kennen, muß seine mathematischen Kenntnisse praktisch-technisch verwertet haben. Denn man nennt ihn an der Spitze der großen Meister, die Theorie und Praxis ähnlich wie Archimedes zu verbinden gewußt hätten.²⁾

Am deutlichsten schien den Anhängern des Pythagoras die Macht der Zahl sich in der Welt der Töne zu offenbaren. In einer Zeit, wo die althellenische Musik bereits im Absterben begriffen war, hat Philolaos die Entdeckungen des Pythagoras und seiner Schüler über die physikalisch-mathematische Grundlage des Tonsystems niedergeschrieben. Die Harmonie der Intervalle wurde ihnen zum unmittelbarsten Zeugnis der unsichtbaren kosmischen Harmonie und Symmetrie. Ein unzweifelhaft echtes Fragment des Archytas leitet aus den drei Proportionen der Musik, der arithmetischen, geometrischen und harmonischen, die gesamte mathematische Proportionslehre ab, die das Fundament der voreuklidischen Geometrie ist.³⁾

1) Vors. 32 B 11 (I⁸ 313, 10).

2) Vitruv I 1, 17. Theophylact, ep. 75 (Migne P. G. 126 col. 493 AB):
*πὼς δ' ἂν στρατιωτικὴν καὶ γεωμετρικὴν εἰς ταὐτὸ συνήγαγε καὶ συνήψε
τὰ μακροῖς θριγγίοις ἑκπαλαὶ διειργόμενα μετ' Ἀρχύταν, μετὰ Φιλόλαον,
μετὰ τὸν Αἴλιον Ἀδριανόν, μετὰ τὸν ἑκπύτων ἡμῶν Ἰουλιανόν.*

3) Nach Vitruv I 1, 8 hat man sogar von dem Artillerieoffizier, der die gleichmäßige Bespannung der Katapulte mit den Spannerven zu überwachen hatte, musikalische Bildung verlangt, damit er durch den Ton, den die gespannten Stränge rechts und links beim Anschlagen von sich geben, die Gleichmäßigkeit der Spannung feststellen und abstimmen könne.

Diese Harmonielehre zeigt sich nun auch bei dem ersten Arzte, von dem es Bücher gab, bei Alkmaion von Kroton, der schon durch seine Heimat mit der ältesten Schule des Pythagoras zusammenhängt, und der sein Buch drei Schülern des Meisters gewidmet hat. Seine Lehre gipfelt in dem Satze, daß Gesundheit die Symmetrie der bedingenden Qualitäten Warm, Kalt, Trocken, Feucht, Süß, Bitter usw. sei und daß Krankheit mithin die Störung dieser Harmonie bedeute.¹⁾ Der tollste Versuch, die somatische Natur des Menschen mit der Siebenzahl zu begreifen und zu bemeistern, liegt in der Hippokratischen Schrift „De hebdomadibus“ vor²⁾, die lebhaft in ihrer mathematischen Tendenz an die Fließsche Theorie³⁾ vom „Ablauf des Lebens“ nach dem Rhythmus von 28 und 23 erinnert, die auf den mechanischen Rationalismus moderner Mediziner einen so starken Eindruck gemacht hat. Noch stärker und dem antiken Vorbilde ähnlicher ist der Hebdomadismus bei zwei anderen modernen Psychologen hervorgetreten, bei Möbius, der die erotischen und poetischen Höhepunkte des Goetheschen Lebens in siebenjährigen Perioden zu erfassen suchte, und in H. Swoboda, der das Siebenjahr allgemein als maßgebende Periode für das menschliche Leben erweisen will.⁴⁾

1) Aët. Plac. V 30, I (Vors. 14 B 4; I³ 136).

2) Roscher, *Abh. der Sächs. Ges. d. W.* 28 n. 5 (Leipzig 1911) und ders., *Die hippokr. Schrift von der Siebenzahl*, Paderborn 1913. Die älteste Ausführung der Hebdomadentheorie kommt in der Solon zugeschriebenen Elegie (fr. 27 Bergk) vor; jedenfalls ist die wohl mit Apollon aus dem Orient herübergekommene Verehrung der heiligen Sieben am Anfang des 6. Jahrh. in Delphi als anerkannt und von da aus weiter verbreitet voraussetzen. Pythagoras folgt also hier wie oft apollinischen Anregungen.

3) Wilh. Fließ, *Der Ablauf des Lebens. Grundlegung zur exakten Biologie*. Leipzig 1906.

4) P. J. Möbius, *Ausgew. Werke* II 1 (Leipzig 1903) 218ff. Herm. Swoboda, *Das Siebenjahr. Untersuchungen über die zeitl. Gesetzmäßigkeit des menschl. Lebens. Die Lösung des Vererbungsproblems mit Hilfe der*

Diels, *Antike Technik*, 2. Aufl.

Wenn also die Medizin des 5. Jahrh. nach pythagoreischem Vorbild die Hebdomadentheorie bis ins Abenteuerliche verfolgte, wenn Empedokles und die von ihm abhängige sizilische Ärzteschule die Pythagoreische Vierzahl (Tetraktys) in der Humoralpathologie zu jahrtausendjähriger Herrschaft brachte, so sieht man auch hier wieder, wie der mathematische Rationalismus von den Pythagoreern aus sich allmählich der ganzen Technik bemächtigt.

Denn nach antiker Auffassung ist auch die Medizin eine Technik und der Arzt ein Handwerker.¹⁾ Aus dieser Auffassung erklärt sich auch die ungewöhnliche Ausdehnung, die selbst die Hippokratischen Kliniken den zum Teil recht künstlichen chirurgischen Maschinen bei der Einrenkung von Gliedern eingeräumt haben.²⁾

Auf der anderen Seite aber hat sich diese Technik seit dem Anfang des 5. Jahrh. eng mit den Fortschritten der Wissenschaft und Philosophie verschwistert. Das Hippokratische Corpus ist mit den mannigfachsten Versuchen angefüllt, ältere und neuere Systeme medizinisch auszunutzen. Pythagoras, Empedokles, Anaxagoras, Diogenes von Apollonia, selbst die Eleaten werden herangezogen, um phantastische Systeme dieser Ärzte zu stützen oder zu widerlegen. Es fehlt freilich auch nicht an nüchternen Köpfen, die wie der ehrliche Verfasser von „De prisca

Periodentheorie. Wien 1917. Diese Pythagoreismen werden von manchen modernen Naturforschern ernst genommen, z. B. von W. Hellpach, *Geopsychische Erscheinungen* * (Leipzig 1917) S. 292. Vgl. dagegen v. Luschan, *Altweiber-Psychologie*, D. Med. Wochenschr. 1916, 1 ff.

1) Hipp. De prisc. medic. I (S. I, 17 Kühlew): ὥσπερ καὶ τῶν ἄλλων τεχνῶν πασέων οἱ δημιουργοὶ πολλὸν ἀλλήλων διαφέρουσιν κατὰ χεῖρα καὶ κατὰ γνώμην, οὕτω δὲ καὶ ἐπὶ ἰητρικῆς.

2) Vgl. die im 2. Bande der Kühleweinschen Hippokratesausgabe abgedruckten Texte; Faust, *De machinamentis ab antiquis medicis ad repositionem articulorum luxatorum adhibitis*, Greifsw. Diss. 1912.

medicina“ die „neumodische Medizin“ auf das heftigste bekämpfen.¹⁾ Doch würde es in diesem Zusammenhange zu weit führen, diese Verbindung der ärztlichen Technik mit der Philosophie, die in Galen den engsten Bund schloß, durch alle Jahrhunderte zu verfolgen. Ich will hier nur eins erwähnen. Der Peripatetiker Straton, der Aristoteles und Demokrit, Athen und Alexandria miteinander verbindet, ist auch derjenige Philosoph, der durch seine modern anmutende Experimentalphysik in gleicher Weise die Ärzte und die Mechaniker seiner Zeit angeregt hat.²⁾ Der große Arzt Erasistratos baut seine Physiologie auf Stratons *horror vacui* auf, und die Mechaniker Ktesibios, Philon und später Heron stellten ihre mechanischen Kunstwerke nach den Grundsätzen der modernen peripatetischen Experimentalphysik her. Wie sehr dann wiederum die Mechanik der ärztlichen Wissenschaft entgegenkam, sieht man an den wundervoll gearbeiteten ärztlichen Bestecken (Abb. 4 S. 28), die uns zahlreich aus dem Altertum erhalten sind.³⁾ Stellte doch die Feinmechanik damals eine Taschenuhr her, mit der Herophilos, einer der bedeutendsten Ärzte aller Zeiten, die Fiebertemperatur seiner Kranken maß.⁴⁾

1) Hipp. De pr. med. I (S. 2, I Kühlew.): διὸ οὐκ ἤξιον αὐτὴν ἔγωγε καὶ νῆς ὑποθέσεως δεῖσθαι, ὥστερ τὰ ἀφανέα τε καὶ ἀπορεόμενα . . . οἶον περὶ τῶν μετεώρων ἢ τῶν ὑπὸ γῆν.

2) S. meine Abh. Über das phys. System des Straton, Berl. Sitz.-Ber. 1893 S. 101 ff.

3) Milne, *Surgical Instruments in Greek and Roman Times*, Aberdeen 1907. v. Töply, *Antike Zahnzangen und chirurgische Hebel*, *Jahresh. d. öst. arch. Inst.* XV (1912) Beibl. 135 ff. J. Hirschberg, *Die augenärztl. Instrumente der alt. Griechen*, *Centralbl. f. pr. Augenheilk.* Mai-Juni 1918.

4) Marcell, De pulsibus c. 11, ed. H. Schoene (*Basler Festschr.* 1907) S. 463. Max Schmidt, *Kulturhist. Beitr.* II. (Leipzig 1912) S. 45. 101. Am Schluß Z. 265 ergänze ich: ἐκπλήρωσιν <τοῦ χρόνου> und 266: πυκνότερον <ἢ βραδύτερον>. Vgl. Sk. Servos, *Mitt. z. Gesch. d. Mediz. u. d. Naturw.* Nr. 33 VIII 4 (1909) 468 f.

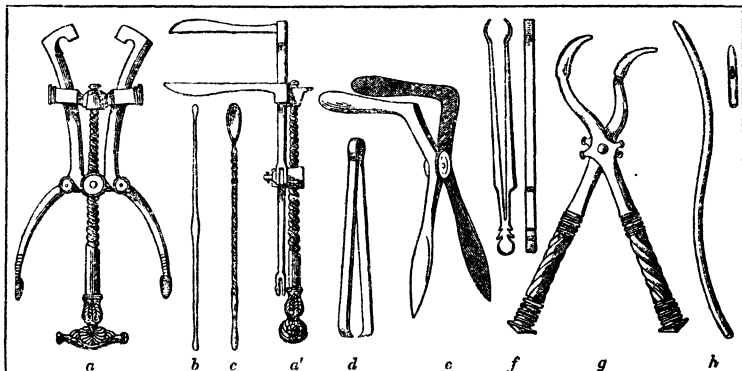


Abb. 4. Chirurgische Instrumente aus Pompeji.

Aus: Overbeck, Pompeji, 3. Aufl. Leipzig 1875, W. Engelmann. S. 413.

a (a') speculum matricis. b Sonde. c Löffelchen. d Pinzette. e speculum ani. Zwischen und /feine Pinzette. g gebogene Zange zur Entfernung von Knochensplittern. h Katheder.

Auch die astronomische Wissenschaft dieser Zeit erzog die alexandrinische Mechanik zu außerordentlichen Leistungen. An den wissenschaftlichen Entdeckungen des größten antiken Astronomen Hipparchos hat die Konstruktion des Astrolabs, das die Sternbeobachtung so sehr erleichterte, einen großen Anteil.¹⁾ Die Zeitmessung wurde durch die erstaunlich hohe Stufe der damaligen Technik wesentlich verfeinert und verbessert. Die rohe Weise, die Tagesstunden nach der Schattenlänge zu messen, macht schon im 5. Jahrh. der Wassermessung mit der Klepsydra Platz. Im 4. baut man damit bereits Weckeruhren, wie nach Ari-

1) Unter den aus dem Meeresboden bei Antikythera gewonnenen Altertümern, die einen Hauptreiz des Nationalmuseums in Athen ausmachen, interessiert ein kleines bronzenes, in einem Holzkasten befindliches Instrument, das Rediadis bei Svoronos, *Das Athener Nationalmuseum* (Athen 1903) Taf. X für ein Astrolab hält. Das ist nicht sicher, da die erhaltenen stark oxydierten Teile und ihre Inschriften sehr zerstört sind. Aber am Originale (nicht an den a. a. O. gegebenen Abbildungen) kann man die mit der Feinarbeit unserer Chronometer rivalisierende Technik des Räderwerks wohl bewundern.

stoxenos Platon eine solche Nachtuhr (*νυκτερινὸν ὥρολόγιον*) konstruiert hat.¹⁾ Seit dieser Zeit beginnt ὥρα die Bedeutung „Stunde“ anzunehmen, die sich bei Aristoteles in seinen Homerischen Problemen wohl zuerst findet.²⁾ Seitdem ist es den Astronomen erst möglich gewesen, genauere Zeitbestimmungen aufzunehmen. Die von den Alten mehrfach beschriebenen Uhrwerke³⁾, die sogar die Verschiebung der Stundenlänge nach den Jahreszeiten berücksichtigten, zeigen wohl den Höhepunkt der wissenschaftlich organisierten Technik der Hellenen, die bei den Römern seit dem 2. vorchr. Jahrh. Nachahmung findet, wenn sie sich wohl auch meistens griechischer Handwerker zur Ausführung bedienen mochten.

Erstaunlich ist es, daß das Interesse des Altertums an den technischen Erfindungen und an der Persönlichkeit der Erfinder außerhalb der Fachwissenschaft recht gering ist. Der Glanz, der in der Renaissance und Neuzeit in immer steigendem Maße die Techniker umstrahlt, fehlt der Antike fast ganz, wenn man von der Medizin und Militärtechnik absieht. Und selbst auf diesen Gebieten ist es geschehen, daß große Namen spurlos verschwunden sind, wie es dem früher erwähnten Erbauer der Brücke des Xerxes begegnet ist, dessen Namen nur ein zufällig erhaltener Papyrusfetzen uns kürzlich enthüllte. Die darauf stehende Schrift enthält u. a. eine Tabelle der wissenschaftlichsten Din-

1) S. Kap. VII S. 193ff.

2) Aristot. Fr. 161 (ed. Rose S. 129, 16ff., Lips. 1886) und Pytheas von Massilia Strabo II p. 75 (fr. 14 Schmekel); Gemin. 5, 9 (fr. 15). Bilfinger, *Antike Stundenzählung* (Stuttg. Progr. 1883) S. 4. „Der Gebrauch dieser Stundeneinteilung in der griechischen Literatur tritt erst seit der Zeit Alexanders auf.“ Max Schmidt, *Kulturhist. Beitr.* II 44. In der *Ἀθην. πολ.* 20, 6 heißt ὥρα allgemein „Zeit“ „Termin“.

3) S. Bilfinger, *Zeitmesser* S. 23ff.; Max Schmidt a. a. O. und S. 105. Ausführlich handelt davon der 7. Vortrag.

ge in kürzester Form aus guter alexandrinischer Zeit. Diese *Laterculi Alexandrini*, wie ich sie getauft habe¹⁾, verzeichnen die berühmtesten Maler, Bildhauer, Architekten, und vor dem Kapitel über die sieben Weltwunder eine Siebenzahl berühmter Mechaniker (Tafel IV). Von diesen sieben im 2. vorchristl. Jahrh. anerkannten Berühmtheiten der Technik sind uns vier vollständig unbekannt, und über die drei übrigen wissen wir nur ganz Oberflächliches. Unter den letzteren hebe ich Diades hervor, von dem Paulys Reallexikon in der ersten Auflage sagte: „Von Vitruv unter denen genannt, welche über Maschinen geschrieben hatten, im übrigen uns aber völlig unbekannt.“ Die neue Auflage (1905 erschienen) fügt aus den Kriegsschriftstellern hinzu, daß Diades ein Schüler des Polyeidus ist, der Philipps Belagerungsgeschütze baute, und daß er selbst an Alexanders Feldzügen teilgenommen habe. Aus den *Laterculi* nun erfahren wir erst²⁾, daß Diades der leitende Ingenieur der

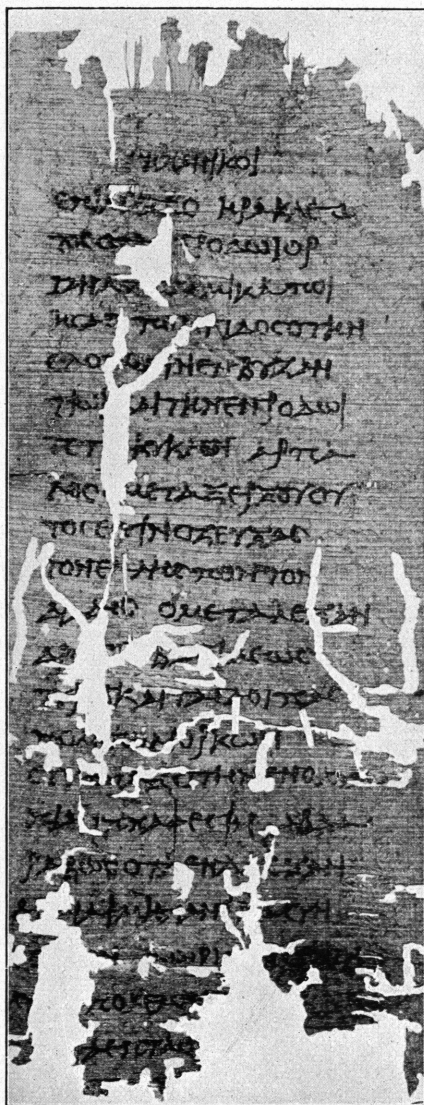
1) Abb. d. Berl. Ak. 1904. Die beistehende Abbildung gibt die betr. 8. Kolumne der *Laterculi*. Sie lautet in Umschrift:

Μηχανικοί. Ἐπικράτης ὁ Ἡρακλεώτης ὁ ὃ τὰ ἐν Ῥόδῳ ὄργανα πολεμικὰ ποιήσας ὁ Πολυείδος ὁ τὴν ἐλέπολιν ἐν Βυζαντίῳ καὶ τὴν ἐν Ῥόδῳ τετρακύκλον ὁ Ἀρκαλὸς ὁ μετὰ Ξέρξου ὁ οὗτός ἐστιν ὁ ξυύξας τὸν Ἑλλήσποντον. Διάδης ὁ μετ' Ἀλεξάνδρου τοῦ βασιλέως Τύρον καὶ τὰς λοιπὰς πόλεις πολιορκῶν ὁ Στύππαξ ὁ τὴν ἐν Ὀλυμπίᾳ ἱππάφειν ὁ Ἀβδαράξος ὁ τὰ ἐν Ἀλεξανδρείᾳ μηχανικὰ συντελεῶν ὁ Λωρίων ὁ τὸν λυσιπόλεμον. Folgen τὰ ἑπτὰ θ[άνατα.

Mechaniker: Epikrates aus Heraklea, der die Geschütze in Rhodos baute ὁ Polyeidus, der die Helepolis (Belagerungsmaschine) in Byzanz und das Vierrad in Rhodos baute ὁ Haipalos unter Xerxes, der Überbrücke des Hellespontos ὁ Diades unter König Alexander, der Belagerer von Tyros und der übrigen Städte ὁ Stypax, der den Start in Olympia baute ὁ Abdaraxos, der Mechaniker in Alexandria ὁ Dorion, der Erfinder des Lysipolemos (Maschine zur Beendigung des Kriegs).

E. Schramm hält Ἐπικράτης ὁ Ἡρακλεώτης für eine Verwechslung mit Ἐπίμαχος Ἀθηναῖος (*Athen. mech.* p. 27 Wesch., Vitruv X 22, 4).

2) Siehe den Text in der vorigen Anm.



Laterculi Alexandrini. Achte Kolumne.

denkwürdigen Belagerung von Tyros ist, über welche die Historiker seitenlang zu berichten wissen.¹⁾ Die Einzelheiten des hin- und herschwankenden Kampfes werden sorgfältigst geschildert, der Name des Soldaten, der die Mauer zuerst erstiegen, wird in die Tafeln der Geschichte eingetragen. Aber von dem Ingenieur, der diese und alle übrigen Städtebelagerungen Alexanders leitete, der ein Lehrbuch seiner Kunst schrieb, in dem seine Erfindungen: die fahrbaren Belagerungstürme, neuartigen Widder, Fallbrücken und sonstigen Kriegsmaschinen beschrieben waren²⁾, wissen die Historiker nichts. Sie mißachteten eben, wie die ganze Antike, den Techniten.

Diese Mißachtung der Technik hat verschiedene Ursachen. Vor allem ist die Antike, auch wenn sie wie in Athen und Rom demokratische Staatsformen entwickelt hat, durchaus aristokratisch gesinnt. Selbst hervorragende Künstler, wie Pheidias, werden als Handwerker eingeschätzt und durchbrechen nicht die eiserne Mauer, die den aristokratischen Kreis der „Schönen und Guten“ von den Handwerkern und Bauern trennt. Platon schließt sogar in seinem Idealstaat den Nährstand von jeder Bildung und Erziehung aus. Auch in der hellenistischen Zeit, wo dank

1) Z. B. Arrian. Anab. II 16—24.

2) Vitruv. X 13, 3: *Diades scriptis suis ostendit se invenisse turres ambulatorias, quas etiam dissolutas in exercitu circumferre solebat, praeterea terebram et ascendentem machinam, qua ad murum plano pede transitus esse posset, etiam corvum demolitorem, quem nonnulli gruem appellant, non minus utebatur ariete subrotato, cuius rationes scriptas reliquit.* Folgen Maßangaben für die Türme und andere seiner Konstruktionen. Athen. Mech. S. 10, 10 Wescher (S. 16, 1 R. Schneider): *Διάδης μὲν οὖν αὐτὸς φησιν ἐν τῷ Μηχανικῷ αὐτοῦ συγγράμματι εὑρηκέναι τοὺς τε φορητοὺς πύργους καὶ τὸ λεγόμενον τρύπανον καὶ τὸν κόρακα καὶ τὴν ἐπιβάθραν· ἔχρατο δὲ καὶ τῷ ὑποτροχῶ κριῶ.* Folgt die Beschreibung im einzelnen. S. Schneider a. a. O. S. 57 ff.

der Munifizienz aufgeklärter Könige Wissenschaft und Technik die höchste Stufe erreichen, wird das Verhältnis zu den Techniten kein anderes. Die Glanzleistungen der Mechanik und Ingenieurkunst finden (vielleicht mit Ausnahme des Geschützbaues) in weiteren Kreisen keine Würdigung. Durch diese Beschränkung auf gewisse enge Liebhaberkreise bekommt die Technik etwa wie bei uns im 17. und 18. Jahrhundert einen Zug in das Spielerische, der schon bei Ktesibios, dem hervorragendsten mechanischen Genie jener Zeit, sich bemerkbar macht¹⁾ und der der technischen Literatur der Folgezeit (Heron) den eigentümlichen Stempel des Dilettantismus aufdrückt.

Eine zweite Ursache der geringen Ausbreitung der technischen Entdeckungen im Altertum liegt in der antiken Sklavenwirtschaft²⁾, die sich bei der Verachtung des Handwerks in den Industriezentren Griechenlands wie der römischen Welt immer mehr in den mit Sklaven betriebenen Fabriken konzentrierte und die freie Arbeit beschränkte. So fehlte der Antrieb, die Maschine zum Ersatz der Handarbeit auszubilden³⁾, und abgesehen etwa von der Wassermühle und dem Bauhandwerk hat die Technik im römischen Imperium irgendwelche Fortschritte nicht gemacht. Als dann in der Kaiserzeit die Sklaverei infolge der *Pax romana* allmählich abstarb, war die Möglichkeit, nur durch technische Kräfte die fehlenden Menschenhände zu ersetzen, nicht mehr gegeben. Die Wissenschaft, die Nährmutter der Technik, war tot und das Interesse für technische Probleme mit Ausnahme einiger Kuriositäten, wie Wasseruhren

1) Vitruv. X 7, 4. 5: *quae non sunt ad necessitatem, sed ad deliciarum voluptatem.*

2) Bolkesteir, *Het dubbel Karakter der oude Geschiedenis*. Utrecht 1915; *Berl. phil. Wochenschr.* 1916, 1498.

3) S. unten S. 40f.

und Wasserorgeln, erstorben. Von den Technikern selbst hören wir noch weniger als in der hellenischen und hellenistischen Zeit. Hat doch der Sophist Prokop, der um 500 n. Chr. die kunstvolle Uhr in Gaza beschreibt, den Namen des Künstlers in seiner ausführlichen Ekphrasis völlig verschwiegen.¹⁾

Nur ein Name macht eine Ausnahme: Archimedes von Syrakus. Sein Leben, sein Tod, seine Hauptwerke sind jedem Schulknaben bekannt und seine Aussprüche „*Εὕρηκα*“ (*Ich hab's*) und „*Δός μοι πᾶ βῶ καὶ κινῶ τὴν γᾶν*“ (*Gib mir einen Standort; dann beweg' ich die Erde*) stehen im Büchmann. Wenn Heiberg, der Biograph und Herausgeber des Archimedes, betont²⁾, er sei der einzige Mathematiker, um den die nichtfachwissenschaftliche Literatur sich gekümmert habe, so ist das richtig (höchstens könnte man Archytas um Platons und Horazens willen hinzufügen), aber wenn er nun den Grund dieser außergewöhnlichen Berühmtheit in seiner Tätigkeit bei der Belagerung von Syrakus erblickt, so bedarf dies, wie das Beispiel des Diades lehrt, der Ergänzung. Die Syrakusaner haben über hundert Jahre lang von ihrem berühmten Landsmann so wenig gewußt, daß erst Cicero den dortigen *principi* sein völlig überwuchertes und vergessenes Grabmonument zeigen mußte. Das Interesse also, das die Römer und die römische Historie an ihrem hartnäckigen Widersacher nahmen, hat auch die späteren Griechen veranlaßt, des genialen Mannes zu ge-

1) S. Kap. VII S. 219.

2) In Gercke-Nordens *Einl. in die Altertumsw.* II² 395. Derselbe Gelehrte hat eine populäre Darstellung in Archenholds *Weltall* IX (1909) S. 161 ff. veröffentlicht, auf die ich für das Folgende verweise. Ob Archimedes ein Verwandter des Königs Hieron war (Plut. Marc. 14, 7 *συγγενὴς καὶ φίλος*), ist zweifelhaft. Wenn Th. Gomperz, *Hellenica* II 302 die beiden Ausdrücke als Hofitel faßt, so traut dies Plutarch eine starke Flüchtigkeit zu. Denn der eine Titel schließt den anderen aus.

denken und seine Schriften zu erhalten. Archimedes stellt die Vereinigung theoretischer und praktischer Begabung in idealster Weise dar. Sein Leben wie seine Schriften erfüllen uns auch heute noch mit Bewunderung und Sympathie!

Von seinem Vater, dem Astronomen Pheidias, in die wissenschaftliche Sternkunde eingeführt, hat er schon früh nicht nur astronomische Beobachtungen, z.B. über die Jahreslänge, gemacht, sondern auch ein kunstvolles, mit Wasserkraft getriebenes Planetarium verfertigt, das bewies, wie er seine theoretischen Kenntnisse in die mechanische Praxis umsetzen könne. Auch in anderer Weise betätigte sich sein praktischer Sinn. Die rechnerischen Bedürfnisse des Astronomen fanden ein Hindernis in der kleinen Zahlenreihe, die das griechische Ziffernsystem umfaßte. So legte er in dem „Arenarius“ eine neue Methode vor, unendliche Ziffernreihen sicher zu klassifizieren und zu bezeichnen. Auch die Erfindung der Archimedischen Schraube und der Flaschenzüge, durch die er den Stapellauf des Hieronischen Riesenschiffes bewirkte, gehören wohl noch in seine Jugendperiode.

Die intensive Beschäftigung mit den mechanischen Problemen ermunterte ihn nun auch dazu, in seiner, im Jahre 1906 von Heiberg wiedergefundenen, Eratosthenes gewidmeten Schrift „Methodenlehre der mechanischen Lehrsätze“¹⁾ wichtige mathematische Aufgaben mit Hilfe der Mechanik zu lösen. Diese Methode betrachtete er allerdings nur als eine vorläufige Feststellung. Er hat in seinen

1) *Ἀρχιμήδους Περὶ τῶν μηχανικῶν θεωρημάτων πρὸς Ἐρατοσθένην ἔφοδος* gefunden und publiziert von Heiberg, *Herm.* XLII 243. Jetzt in Heibergs neuer Ausgabe des Archimedes (1913) II 427 mit lateinischer Übersetzung. Eine deutsche Übersetzung gab er (mit Zeuthen) in der *Bibl. Math.* III. Folge VII (1907) S. 322 ff.

späteren Schriften die exakten Beweise für die wichtigsten Sätze nachgeliefert. Aber bewundernswürdig ist doch in jener Schrift die Kühnheit, mit der er auf den Spuren des Archytas¹⁾ weitergehend die Mathematik mechanisch behandelt und den Begriff des Unendlichen, dem die antike Mechanik ängstlich aus dem Wege geht, in ganz moderner Weise handhabt. Auch seine Arbeiten über die Statik scheinen noch in diese erste Periode zu fallen.

Die zweite Periode seines Schaffens war, wie es scheint, rein mathematischer Tätigkeit gewidmet, deren Resultate in dem Hauptwerk „Über Kugel und Zylinder“ zusammengefaßt sind. Nachdem er dann diese theoretischen Untersuchungen durch das Buch „Von den Konoïden und Sphäroiden“ zum Abschluß gebracht, verarbeitete er seine schon früher bei Untersuchung der verfälschten Krone Hierons gemachte Entdeckung über das spezifische Gewicht zu dem grundlegenden Werke „Über die schwimmenden Körper“. Ich erwähne kurz seine feinen Ausführungen über die Zahl

1) Archytas 35 A 14 (*Vors.* I³ 326, 10). Archimedes nennt freilich als seine Vorgänger nur Demokrit und Eudoxos. Aber dieser ist Schüler des Archytas (Diog. VIII 86. Theorie der Schwingungen: Theo Smyrn. S. 61, 11 Hiller = Archyt. *Vors.* 35 B 1, I³ 332, 9 ff. = Platon Tim. S. 67 B). Andererseits sind die Beziehungen des Demokrit zur pythagoreischen Mathematik bekannt, wenn auch im einzelnen nicht faßbar. Vgl. *Vors.* II³ 11, 34 ff. Sehr wichtig ist die auf einen Fachmann, wahrscheinlich Herakleides, den Schüler und Biographen des Archimedes, zurückgehende Darlegung bei Plut. Marc. 14. Er berichtet, daß Hiero selbst aus Ehrgeiz die praktische Betätigung des Archimedes befördert hat. „Eudoxos und Archytas“, so fährt er fort, „waren die ersten, die diese beliebte und berühmte Mechanik (ὀργανικήν) ins Leben riefen, indem sie die trockne Mathematik durch diese feine Technik (τῷ γλαφυρῷ) belebten.“ Platon, so schließt der Gewährsmann des Plutarch, habe sich gegen sie mit Unwillen ausgesprochen, weil sie den Vorzug der Mathematik verdeckte und vernichte. Denn sie führe vom Unkörperlichen wieder ins Körperliche zurück und benötige dazu banausischer Handwerksfertigkeit. Die Philosophen hätten daher die Mechanik mißachtet und sie sei dadurch schließlich nur noch in der Kriegstechnik zu Ehren gekommen. Vgl. Plut. Sympos. VIII 2, 1, 7 p. 718 F.

π , über die kürzlich eine genauere Berechnung zutage gekommen ist, und über die Spirale, Arbeiten, die dann von Apollonios, dem Meister der Kegelschnitte, weitergeführt wurden.

Der Abend seines Lebens zeigt uns den Greis wieder als Mechaniker. Er ist zu der Liebe seiner Jugend zurückgekehrt und wirkt nun im Dienste des Vaterlands unermüdlich an der Verteidigung von Syrakus. Wir sehen ihn jetzt emsig tätig, gegen die Angriffe der Römer Abwehrmaßnahmen zu organisieren, Wurfgeschütze zu bauen, die feindlichen Schiffe durch wuchtige Balken oder hakenförmige Krane in den Grund zu bohren oder in die Höhe zu heben und an den schroffen Klippen von Syrakus zu zerschellen. Schließlich kam es so weit, daß, sobald nur ein Strick oder eine Stange über der Stadtmauer erschien, ein panischer Schrecken die Römer ergriff und Marcellus fast zur Verzweiflung gebracht wurde. Die späten Nachrichten über die berühmten Brennspiegel, mit denen Archimedes die feindlichen Schiffe in Brand gesteckt habe, werden freilich durch die maßgebenden Quellen Polybios, Livius, Plutarch nicht bestätigt.¹⁾ Sein letztes Wort, als nach der Eroberung der römische Soldat auf ihn eindrang: „*Noli turbare circulos meos*“ ist des großen Gelehrten würdig. Auf der Bresche konnte der Greis seiner von dem übermächtigen Feinde bedrohten Vaterstadt keinen Nutzen bringen. So suchte er ihr durch seine Wissenschaft bis zum letzten Augen-

1) Daß eine Wirkung, wie sie von der späteren Überlieferung erzählt wird, durch eine Kombination von Hohlspiegeln erzielt werden kann, hat Anthemios, der Erbauer der Sophienkirche und große Bewunderer des Archimedes, theoretisch (Westermann, *Paradoxogr.* 152, 20 ff.) und Buffon 1747 praktisch erwiesen. Vgl. Berthelot, *Journal des Savants* 1899 S. 253. Über die Frage, die nur die Quellenkritik, nicht die Technik angeht, s. Heiberg, *Quaest. Archimed.* Haun, S. 41; H. Thiersch, *Pharos* S. 93 f. Über Fälschungen auf Archimedes' Namen s. Vortr. V S. 116 ff.

blicke zu helfen und empfand das Eindringen des Feindes in seine Kreise wie eine Brutalität. Cicero urteilt über ihn, er habe mehr Genie besessen, als mit der menschlichen Natur verträglich scheine¹⁾, und Heiberg nennt ihn den „genialsten Mathematiker des Altertums und den größten der Neuzeit ebenbürtig“.²⁾ In der Tat, ich wüßte nur etwa Gauß, den großen Mathematiker, Astronomen, Physiker, den Entdecker der Methode der kleinsten Quadrate, den Entdecker des Heliotrops und des Nadeltelegraphs, ihm an die Seite zu stellen.

Was bei diesen großen Männern uns entgegentritt: die fruchtbare Vereinigung von Theorie und Praxis, das hat seine Bedeutung für die Wissenschaft überhaupt. Nur da, wo die wissenschaftliche Forschung mit dem wirklichen Leben im Bunde bleibt, werden die großen Fortschritte der Kultur gewonnen. Die Technik kann der Wissenschaft nicht entbehren, und umgekehrt wird die reine Spekulation in der Wissenschaft, wenn sie nicht immer und immer wieder von dem frischen Hauche des Lebens berührt wird steril und stirbt ab. Vitruv, der in einer Zeit lebt, wo der wissenschaftliche Sinn bereits zu erlöschen droht, sagt am Eingang seines Werkes wie zur Warnung seiner jüngeren Fachgenossen folgendes³⁾: „Die Baumeister, die ohne Wissenschaft nur nach mechanischer Fertigkeit strebten, haben sich durch ihre Arbeiten niemals maßgebenden Einfluß erwerben können. Umgekehrt scheinen diejenigen Architekten, die sich lediglich auf das Rechnen und die Wissenschaft verlassen haben, dem Schatten, nicht der Wirklichkeit nachgejagt zu haben. Nur die, welche Theorie und

1) De rep. I 22 *plus in illo Siculo ingenii, quam videretur natura humana ferre potuisse, indicabam fuisse.*

2) Gercke-Norden, *Einl.* II² 394.

3) I 1, 2. Vgl. unten S. 59 Anm. 1.

Praxis sich gründlich aneignen, haben die volle Rüstung, um das Ziel, das sie sich gesteckt, unter allgemeiner Anerkennung zu erreichen.“

Auch heute noch sind die Worte des alten Praktikers Goldes wert. Der hohe Stand unserer heutigen Kultur wird nur durch die innige Durchdringung von Wissenschaft und Technik gewährleistet. Das Ausland erkennt an, daß Deutschland seinen Aufschwung zumeist dieser gesunden Verbindung von Theorie und Praxis zu verdanken hat. Für die Schulen, die niederen sowohl wie die höheren, ergibt sich daraus die Aufgabe, in der Jugend weltoffene Anschauung und praktische Fertigkeit verbunden mit Wissen und wissenschaftlicher Einsicht zu erwecken.

Dies ist der archimedische Punkt unserer Pädagogik, die auch eine Kunst ist, und zwar die erste und wichtigste im Staate.¹⁾ Auch für diese Technik gilt der Satz, den der historische Überblick der antiken Verhältnisse uns gelehrt hat, daß Empirie und Theorie Hand in Hand gehen müssen. Heutzutage, wo die Technik des Unterrichtens auf einer hohen Stufe steht und der Lehrer zum Virtuosen einer rein formalistischen Kunst zu werden droht, tut es not, daran zu erinnern, daß der beständige Zusammenhang mit der Wissenschaft für ihn unerläßlich ist, wenn die Jugend für die Aufgaben unserer Zeit richtig vorgebildet werden soll.

Auch hier darf ich an ein antikes Analogon zur Warnung am Schlusse kurz erinnern, an das Beispiel der griechischen Sophistik, welche die Technik des höheren Unterrichts zuerst berufsmäßig ausgeübt hat. Ihr Wirken, das auf die Ergründung der Wahrheit verzichtete und fertige Schablonen den Schülern in den Kopf hämmerte, zeigt deutlich,

1) Vgl. Platon, Legg. I 644 AB *δει τὴν παιδείαν μηδαμοῦ ἀτιμάζειν, ὡς πρῶτον τῶν καλλίστων τοῖς ἀρίστοις ἀνδράσιν παραγιγνόμενον.*

wohin eine lediglich formale Abrichtung den Jugendbildner führt. Wehe dem Lehrer der Jugend, der mit dem Fortschritt der Wissenschaft nicht mehr Schritt halten will und den äußerlichen Drill für eine genügende Art der Geistesbildung hält, wehe dem Erziehungskünstler, der in banausischer Selbstbeschränkung nicht jeden Tag der Wahrheit selbst näher zu kommen und die Jugend der Wahrheit näher zu führen sucht! Bei diesem unerschlafte Wahrheitssuchen möge uns Platon, der das Banausentum¹⁾ der sophistischen Virtuosen siegreich überwunden, als Vorbild voranleuchten! Möge wie bei ihm Praxis und Theorie Kunst und Wissenschaft, Denken und Handeln immerdar im Einklang bleiben, und alles im Dienste der einen Göttin der wir unser Leben weihen, der Wahrheit!

1) βάναντος παιδεία a. a. O. S. 644 A.

II

ANTIKE TÜREN UND SCHLÖSSER¹⁾

Die Antike gilt in weiteren Kreisen wohl noch immer als Schöpferin hervorragender Werke der Literatur und der Kunst, auch die Grundlagen der Wissenschaft werden dankbar auf die Anregungen des klassischen Altertums zurückgeführt, ja die großen Philosophen der Hellenen zählen fast noch zu den aktuellen Kräften der modernen Kultur. Nur von der Technik pflegt man zu schweigen. Das Zeitalter des Dampfes, der Elektrizität, des Flugzeuges sieht mit Lächeln auf die kümmerlichen Anfänge der alten Welt auf diesem Gebiete zurück.

In der Tat stand die Technik nicht so im Mittelpunkt der antiken Zivilisation, wie dies heutzutage der Fall ist. Das liegt an den völlig veränderten sozialen Verhältnissen. Die Gesellschaft im alten Griechenland wie im alten Rom war aristokratisch gesinnt. Der Techniker gehörte als solcher nicht zu den leitenden Kreisen. Die demokratischsten Staaten des Altertums waren sozial-aristokra-

1) Die Vorträge II—V wurden bei den Hochschulkursen in Salzburg Sept. 1912 gehalten. Die Literatur über den Gegenstand des II. Kap. bezeichnet Hugo Blümner, *Röm. Privataltertümer* (I. Müllers *Handbuch* IV 2, 2), München 1911, S. 21^b. Ich habe diese Fragen behandelt im „*Parmenides*“ *gr. u. deutsch*, Berlin 1897, S. 117 ff. Dazu Fairbanks *Philosophical Review* VII 443; D. Seymour, *Life in the Homeric age* (N. York 1907) 194; Brinkmann, *Sitz.-Ber. der Altertumsges. Prussia* XXI (1900) S. 297 ff.; Pernice, *Jahrb. d. Arch. Inst.* 1904 (XIX) S. 15 ff. Über neugr. Balanosschlösser Dawkins, *Annual of the Brit. School at Athens* IX 190 ff.; v. Luschan, *Z. f. Ethnol.* 48 (1916) 406 ff.; *Mitt. d. Anthropol. Ges. in Wien* Bd. 48 (III 18), 1918, S. 13.

tischer gesinnt als die aristokratischsten Staaten der modernen Welt.

Diese Aristokratie ruhte, gleichviel ob der Staat monarchisch oder demokratisch verwaltet wurde, auf der Institution der Sklaverei. Auch die Fabriken wurden selbst da, wo sie im Besitze von Aristokraten waren, von Sklaven geleitet und bedient. Wo aber ein Sklave für täglich zehn Pfennig unterhalten werden kann, braucht man keine Maschinen zu erfinden, um Menschenarbeit zu ersetzen. So begegnet die Einführung technischer Neuerungen heutzutage in dem menschenwimmelnden China noch den allergrößten Schwierigkeiten, weil die Maschinen die billigen Arbeitskräfte brotlos zu machen drohen, während das umgekehrt situierte Amerika dem Mangel an billigen Menschenkräften durch eine riesige Steigerung der technischen Erfindungen abzuhelpen sucht.

Trotz diesen Verhältnissen hat es der Antike nicht an großen technischen Leistungen gefehlt, die aber weniger bekannt geworden sind, weil sich das Altertum im ganzen für dergleichen nicht sonderlich interessierte und unser auf diesem Gebiet so hoch entwickeltes Zeitalter erst jetzt wieder historisch für diese Inkunabeln sich zu erwärmen beginnt. Freilich ist das Verhältnis der modernen Welt zu den antiken Technikern nicht mehr das von Schülern und Meistern, wie dies in der Renaissance allerdings der Fall war. Die Schüler haben längst die alten Lehrer auf diesem Gebiete überholt. Um so vorurteilsfreier und gerechter kann unsere Würdigung sein, indem wir sehen, wie mühsam und langsam die Fortschritte sind, welche die Menschheit in der Bewältigung der Naturkräfte in alter Zeit machen konnte, obgleich das allseitig begabte Griechenvolk seinen eminenten Scharfsinn auch diesen Kulturwerken von alters her mit Erfolg zugewandt hat.

Ich fange mit der ältesten griechischen Zeit an, mit der homerischen Welt. Denn wenn auch durch die erstaunlichen Ausgrabungen Schliemanns und seiner Nachfolger die Kultur Griechenlands im zweiten Jahrtausend, die sog. mykenische Kultur, uns wieder nahegebracht ist, so ist doch fraglich, ob die Träger dieser Kultur bereits Hellenen im späteren Sinne waren, und wie weit sich diese ägäische Kultur unabhängig von den älteren Kulturzentren Asiens und Ägyptens entwickelt hat. Was gar die Sage von dieser hellenischen Vorzeit in bezug auf Technik zu berichten weiß, z. B. über den Bau des Labyrinths, den gelungenen Flug des Dädalus und den Absturz des Fliegers Ikarus, das dürfen wir billig auf sich beruhen lassen.

Ich führe Sie also in die homerische Welt und zeige Ihnen, wie man etwa im 8. Jahrh. v. Chr., als Ilias und Odyssee gedichtet wurden, die Türen der Häuser konstruierte und sinnreich verschloß.

Wir schlagen das erste Buch der Odyssee auf. Telemach hatte zum ersten Male mutig zu den Freiern gesprochen. Diese gingen bei Nacht nach Hause. Der junge Fürst geht über den Hof des Palastes zu seiner Kemenate. Die treue Beschließerin Eurykleia leuchtet mit der Fackel über den dunklen Hof. Er öffnet die Türe (I, 436), betritt die Schlafkammer, setzt sich auf das Bett und zieht seinen Chiton, d. h. sein Hemd aus, das er der alten Dienerin zum Aufhängen neben der Bettstatt übergibt. Nun heißt es weiter (441):

Hierauf ging sie hinaus und zog an dem silbernen Handgriff
Leise die Türe zu und schloß mit dem Riemen den Riegel.

Wir haben uns, wie sich aus dem vorhergehenden ergibt, eine Doppeltür vorzustellen. Das Zudrücken des einen Flügels wird als selbstverständlich nicht erwähnt. Vielleicht war auch nur der eine Flügel geöffnet worden. Wie nun

eine solche Türe im allgemeinen aussah, haben uns die antiken Ausgrabungen sowohl der mykenischen Paläste wie späterer Bauwerke deutlich gelehrt. Sie müssen ganz absehen von unseren Türkonstruktionen: Angeln, in denen sich die Tür dreht, gibt es nicht im griechischen Altertum. Vielmehr sind die beiden Türflügel eingelassen in runde Holme, die der Grieche Achsen (*ἄξονες*) nennt, weil sie genau so aussehen wie Wagenachsen. Sie sehen beiläufig, das Wort und die Technik des Wagenbaues ist der Neuzeit durch die Griechen vermittelt. Schon Hesiodos, der böotische Bauer, der nicht viel später als der Dichter der Odyssee gedichtet hat, beschreibt genauer zwar nicht die „hundert“ Hölzer, die man nach seiner Meinung zum Wagenbau brauche¹⁾, aber er gibt die Größe der Achse und der Radbestandteile an.²⁾ Die „Achsen“ spielen auch in Solons Gesetzgebung eine Rolle, insofern sich um eine vertikale Mittelachse vier eingelassene Tafeln drehten, auf denen seine Gesetze standen.³⁾ Solche Drehgestelle haben wir jetzt in den Museen und Bahnhofshallen zu ähnlichen Zwecken aufgestellt. Diese Türachsen nun heißen bei Homer Thairoi⁴⁾, bei dem Philosophen Parmenides dagegen, dem Eleaten, der um 500 lebte, heißen sie wirklich „Achsen“

1) *Werke und Tage* 456.

2) *W. u. T.* 424: *ἄξονα ἐπταπόδην*. Ich fasse die Stelle so auf, daß das Holz zu den zwei Achsen des vierrädrigen Wagens ausreicht. (Ebenso Goro, *J. of Philol.* 1914, 33 n. 66.) Dann erhält jede Achse $3\frac{1}{2}$ Fuß (2,12 m), was ausreichend ist. Daß der Wagen des Hesiod vier Räder hat, bemerkt richtig Waltz, *Revue des Etudes anciennes* XIV (1912) 226, der auch die Ungenauigkeit der sonstigen Maßangaben (sehr ungenaues Verhältnis des Radius zur Radperipherie) richtig aus dem primitiven Stande der Wagerei aufgeklärt hat.

3) Über die Einrichtung der Solonischen *νόμους* und *ἄξονες* s. Wilamowitz, *Aristoteles u. Athen* I 45. Die antiken Stellen gesammelt von Sanders zu Arist. Ath. polit. 7.

4) *Θαῖρός* verwandt mit *θύρα*, ursprünglich „Türgänger“, d. h. Pfosten, mit denen die Tür auf- und zugeht.

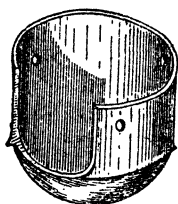


Abb. 5. Bronzener Schuh für den Drehpfosten einer Tür.

(ἄξονες), und zwar „reich mit Erz beschlagene“ (πολύχαλκοι). Sie stecken nämlich in einem zierlichen bronzenen Schuh und drehen sich mit diesem Schuh in einer ebenfalls mit Bronze ausgefütterten Pfanne. Solche Pfannen und Türschuhe haben sich vielfach bei den Ausgrabungen gefunden (Abb. 5). Oben steckt nun dieser Türpfosten (Drehbalken, Achse) in einem Loch der steinernen Türfüllung. So schlägt also (ähnlich wie bei unseren Kleiderschränken) der rechte und der linke Flügel sich in den Ecken oben und unten drehend auf und zu, indem sich die Türfüllungen an den etwas hervorstehenden Rand der unteren und der Oberschwelle anlehnen, so daß die Flügel wohl nach außen, aber nicht nach innen schlagen können.

Da mit der Zeit das Holz sich zusammenzuziehen pflegt, so wird es oft vorgekommen sein, daß die Türflügel in den Pfannen nicht mehr genau festsaßen und bei einem Stoße herausgeschleudert werden konnten. Ferner drehen sich solche mit dem ganzen Runde unten aufstoßende Balken schwerer, als wenn die ganze Schwere der Türflügel auf einer Spitze balanciert. Daher hat man im 6. Jahrh. die Türschuhe unten mit einem spitzen Zapfen versehen, der in ein Loch der Pfanne eingreift (Abb. 6). So waren die Axones des Solon, wie uns überliefert ist, eingerichtet, so die himmlische Türe, die uns Parmenides beschreibt.¹⁾

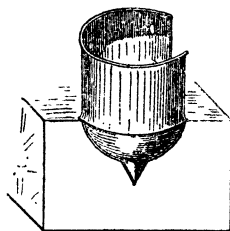


Abb. 6. Bronzener Türschuh mit Zapfen

1) Solons Axones dichten sich in Zapfen (κνώδανες, d. i. κνα-όδαξ, att. κνώδων „Reibezahn“) nach Et. m. I 15, 46 u. 547, 60. Parm. I, 20 spricht von den mit „Nadeln“ (περόναι d. h. Spitzen) versehenen Zapfen (γόμφοι).

Wie wurde nun aber die Türe selbst verschlossen?
Homer sagt (Od. I, 441 f.):

Sie zog an dem silbernen Handgriff
Leise die Türe zu und schloß mit dem Riemen den Riegel.

Wir würden dies nicht verstehen, wenn wir nicht den ältesten griechischen Schlüssel kannten, den sog. Tempelschlüssel, und wenn wir nicht ein altes Vasengemälde hätten, das uns diesen Schlüssel und den homerischen Riemen im Akte des Schließens vorführte. So ist es mir gelungen, im Jahre 1897 das homerische Türsystem aus diesen beiden Elementen zu rekonstruieren.¹⁾

Betrachten wir zunächst den Tempelschlüssel. Die Priesterinnen pflegen, da in der Religion alles aus Urzeiten treu festgehalten zu werden pflegt, die älteste homerische Form des Schlüssels zu bewahren. Dieser Schlüssel war erheblich größer und schwerer als irgendein jetzt gebräuchlicher, so daß er gewöhnlich geschultert wird (Abb. 8, 9, S. 46). Durch einen glücklichen Zufall ist uns der Schlüssel eines hochberühmten Heiligtums, des Artemistempels in Lusoi in Arkadien, der zu Ende des vorigen Jahrhunderts aufgedeckt worden ist, erhalten geblieben.²⁾ Die Inschrift, deren Züge in das 5. vorchristl. Jahrh. weisen, bezeugt den Ursprung (Abb. 7 S. 46). Damit stimmen die zahlreichen Abbildungen von schlüsseltragenden Dienerinnen auf attischen Vasen (Abb. 8) und Grabsteinen (Abb. 9) überein. Ja, es hat sich sogar auf einem Grabstein, der im 2. vorchristl. Jahrh. der Poliaspriesterin Habryllis gesetzt worden ist³⁾,

1) Im „Parmenides“ (S. 127 ff.), W. Köhler, *Archiv. f. Religionsw.* VIII (1905) 221 ff. Vgl. die S. 40 angegebene Literatur.

2) Befindet sich jetzt im Museum of Fine Arts zu Boston, von mir publiziert *Sitz.-Ber. d. Berl. Ak.* 1908 S. 27. Die Inschrift lautet: *τῶς Ἀρτέμιος τὰς ἐν Λούσοις* d. h. „Eigentum der Artemis von Lusoi“.

3) *I. Gr.* II 2169. Köhler, *Ath. Mitt.* IX 301.



Abb. 7.

Abb. 7. Schlüssel des Artemistempels zu Luso (Arkadien). 5. Jahrh. v. Chr.

Abb. 8. Vase der Petersburger Eremitage. Mon ined. VI. VII Taf. 71.

Abb. 9. Attisches Grabrelief. Conze att. Grabrelief n. 812. W. Spemann, Berlin.

Abb. 10. Tempelschlüssel der Habryllis. Conze att. Grabrelief 1796—1799. Tafel 385.



Abb. 11. Clavicula sinistra, facies anterior hominis.



Abb. 10.



Abb. 8.



Abb. 9.

eine genaue Abbildung ihres Schlüssels gefunden (Abb. 10 S. 46), der, außer der heiligen Priesterbinde (links), rechts um das Knie des Schlüssels gewunden einen Lederriemen aufweist, dessen Verwendung später klarwerden wird.

Wie alt der Gebrauch dieses Schlüssels ist, ergibt die sprachliche Beobachtung, daß die abgerundete, S-förmige Gestalt dieses Instrumentes, wie sie der Schlüssel von Lusoi zeigt und wie sie sich auch zuweilen auf Vasendarstellungen findet, Veranlassung gegeben hat, das menschliche Schlüsselbein danach zu benennen. Dieser Name (*κληίς*) erscheint schon in der Ilias häufig. Eine Abbildung dieses Knochens (Abb. 11 S. 46) wird diese Übertragung verständlich machen.

Nachdem wir so den Schlüssel kennen gelernt, können wir uns mit besserem Verständnisse zu Homer zurückwenden.

Wir hören, wie dieser Dichter seine Penelope, die den Bogen des Odysseus holt, die Türe öffnen läßt (21, 5 ff.):

Eilends ging sie darauf zur hohen Treppe der Wohnung
Und griff fest mit der Hand nach dem wohlgebogenen Schlüssel;
Ehern war er und zierlich, und elfenbeinern der Handgriff.

Sie sehen, Penelope ergreift einen gebogenen, ehernen, mit elfenbeinernem Griff zum bequemen Anfassen versehene Schlüssel. Das ist unser Tempelschlüssel. Nun geht die Beschreibung weiter (21, 42 ff.):

Als sie nun kam zur Kammer empor, die göttliche Fürstin,
Schritt sie zur eichenen Schwelle heran. Die hatte der Meister
Streng nach den Regeln der Kunst und dem Richtmaß trefflich gezimmert,
Hatte die Pfosten hinein und die schimmernden Türen gefügt.
Eilends löste den Riemen sie ab von dem Ringe der Pforte,
Steckte den Schlüssel hinein und schob von der Türe die Riegel
Mit zielsicherem Stoß. Da erkrachte die Tür, wie ein Zuchtstier
Brüllt auf blumiger Au, so krachten die glänzenden Flügel,
Als sie der Schlüssel getroffen, und sperrten sich schnell auseinander.

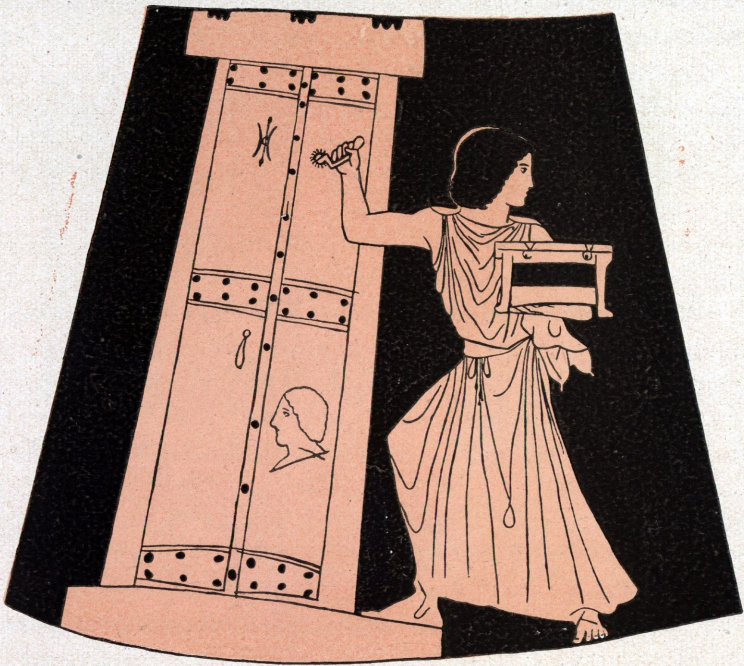
Also sie löst zuerst den Riemen ab von dem Ringe, steckt den Schlüssel in das Schlüsselloch und schiebt die Riegel

der Türe zurück, wobei diese ein lautes Gebrüll infolge der Berührung mit dem Schlüssel von sich geben.

Die anschaulichste Erklärung dieses bei Homer mit liebevoller Detailmalerei geschilderten Vorganges gibt ein altes Berliner Vasenbild (Tafel v), das Fink zuerst herangezogen, aber falsch erklärt hatte.¹⁾ Die der Sache entsprechende Deutung ergibt sich von selbst, wenn man aus dem Vorgang auf der Vorderseite das, was hinter der Türe verborgen ist, zu ermitteln sucht.

Wer so wie dieses Mädchen den langen, schweren Schlüssel im Untergriff gefaßt hält, der will damit wie mit einer Lanze stoßen. So erklärt sich, was Homer sagt: 1. „griff fest mit der Hand“ (*χειρὶ παχείῃ*), mit der der Schlüssel gehandhabt werden muß, 2. „mit zielsicherem Stoße“ (*ἄντα τιτυσκομένη*). Sie stößt also von oben her durch das runde mit Metall eingefasste Loch den gewundenen Schlüssel, und zwar so, daß der längere Teil des Schlüssels innen auf den Riegel trifft, während der Handgriff draußen bleibt. Natürlich muß auch der Riegel, damit er den starken Stoß aushalten kann (es gibt ja nach des Dichters Worten ein wahres Stiergebrüll) mit Erz beschlagen sein. Damit der Schlüssel den richtigen Punkt treffen kann, ist er an einigen Exemplaren unten breiter ausgeschlagen. So bei dem Schlüssel der athenischen Priesterin Habryllis, den ich bereits erwähnt habe (Abb. 10 S. 46). Die Dienerin nun auf unserem Bilde stößt mit dem Schlüssel an einen auf der Rückseite

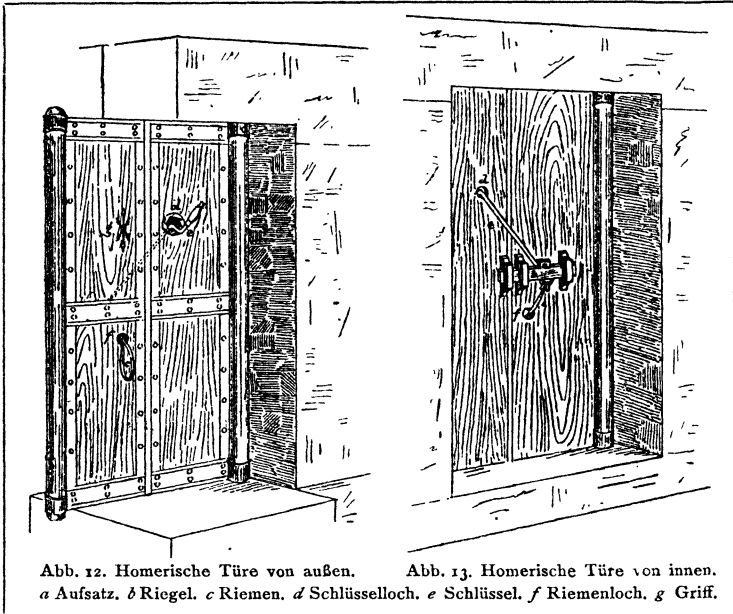
1) *Der Verschluß bei den Griechen und Römern*, Regensburg 1890. Die Reproduktion des Berliner Vasenbildes ist nach einem von Frau Prof. I. Tschermak v. Seysenegg vor dem Originale gefertigten Aquarell hergestellt worden. Holzmodelle der homerischen Türe nach meiner Rekonstruktion befinden sich im Berliner Antiquarium und im Institut für Altertumskunde der Berliner Universität. Auch waren mehrere zierliche Modelle auf der Deutschen Unterrichtsausstellung in Berlin Februar bis April 1914 zu sehen.



Mädchen mit dem Schlüssel die Schatzkammer öffnend.

Rotfigurige Hydria des Berl. Museums 2382.

Ähnliche Szene, aber ohne den Schlüssel Berl. Vase 2382
(Furtwängler, *Beschr. d. Vasens. im Antiquarium* II S. 654).



befindlichen Riegel und schiebt ihn dadurch zurück. Die Türe öffnet sich.

Die beiden Abbildungen (12 und 13 S. 49) zeigen schematisch die homerische Flügeltür: einmal von außen, nachdem der Schlüssel durch das obere Loch auf den Mittelriegel gestoßen ist; dann auf der zweiten Abbildung ist sie in dem Zustand des Verschlusses abgebildet, ehe der Schlüssel von oben her den oberen Höcker des Riegels (Aufsatz) angreift und ihn nach rechts so weit zurückstößt, daß die auf dem linken Türflügel befestigte Krampe frei wird und dieser Flügel aufspringt.

Nach einer von Prof. Brinkmann ersonnenen Modifikation dieses Systems kann der Riegel oben statt mit einem Höcker mit zwei oder mehreren Höckern versehen werden (Abb. 14 S. 50). Dadurch kann der Spielraum, den der Rie-

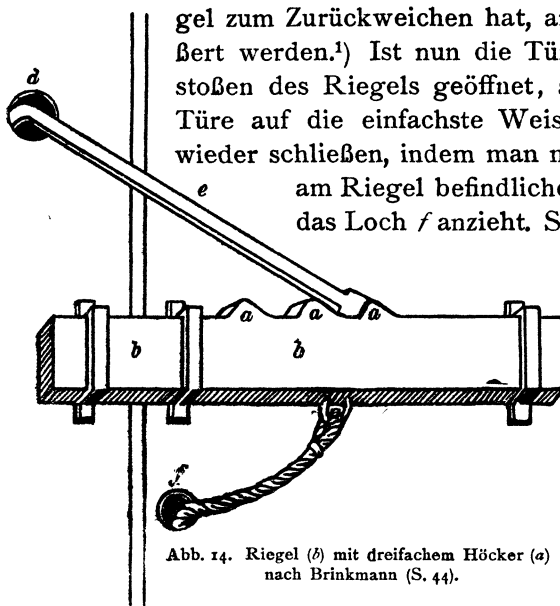


Abb. 14. Riegel (b) mit dreifachem Hocker (a)
nach Brinkmann (S. 44).

gel zum Zurückweichen hat, ansehnlich vergrößert werden.¹⁾ Ist nun die Türe durch Zurückstoßen des Riegels geöffnet, so kann man die Türe auf die einfachste Weise von der Welt wieder schließen, indem man nämlich den unten am Riegel befindlichen Riemen durch das Loch f anzieht. Schlüssel und Riemen entsprechen

sich also bei diesem Systeme wie Öffnen und Schließen. Daher trägt die Priesterin Habryllis den Schlüssel mit dem dazugehörigen Riemen.

Denn bei Tem-

peln, die nicht immer bewacht werden konnten, empfahl es sich, den Riemen nicht stecken zu lassen, wie es im Hause wohl geschieht (s. Tafel v), sondern ihn durch das Loch C (Abb. 15) und die Öse des Riegels (A oder B) durchzustecken und das andere Ende dann wieder durch das Loch C nach außen zurückzuführen. Dann konnte man den Riemen, wenn der Riegel durch Anfassen der beiden Enden angezogen war, mit dem einen Ende leicht herausziehen und am Schlüssel befestigt (Abb. 10) mit nach Hause nehmen.

* 1) Brinkmann, *Sitz.-Ber. d. Altertumsoges. Prussia XXI* (1900) 299 legt Gewicht auf das Imperfektum *ἀνέκοντες*, das auch durch Annahme zweier Riegel eine ausreichende Erklärung nicht erhalte. Aber wenn seine Rekonstruktion des Riegels auch richtig sein mag und sich mit dem Imperfektum trefflich verträgt, zwei Riegel sind doch nötig wegen des Plurals *ὄχῆας*, der neben dem sonst nicht ungewöhnlichen Singular (z. B. *Q* 566) seine reale Bedeutung haben muß.

Homer sagt, Penelope habe die Riegel ($\delta\chi\eta\alpha\varsigma$) zurückgestoßen. Also scheint mindestens noch ein anderer Riegel vorhanden gewesen zu sein. Denn der Bogen wird ja in der Schatzkammer verwahrt, die wie bei uns die Geldschränke mit mehreren Riegeln versehen sein mußte. Nebenstehende Skizze (Abb. 15) mag veranschaulichen, wie man sich die Öffnung zweier oben und unten befestigter Riegel (*A* und *B*) von dem einem Schlüsselloche *D* aus denken könnte.

War nun aber der Verschuß vor Dieben hinlänglich sicher? Nein. Deshalb hat Penelope sich nicht nur begnügt, wie Eurykleia es in der Schlafkammer des Telemachos macht, die Tür ihrer Schatzkammer mit dem Riemen zuzuziehen und dadurch den Riegel in die Krampe zu schieben, sondern sie verknotet auch noch den Riemen an dem Ringe. Was das besagt, lehrt Homer an einer anderen Stelle der Odyssee (8, 438). Die Phäakenkönigin gibt dem Odysseus eine Truhe mit Deckel zum Aufbewahren seiner Gastgeschenke. Wir dürfen sie uns etwa so vorstellen, wie sie das Mädchen auf der Berliner Hydria im linken Arm hält (Tafel v):

Aber Arete brachte die herrliche Truhe dem Fremdling
Jetzt aus der Kammer und legte darein viel schöne Geschenke,
Gold und Gewand, so ihm die phäakischen Fürsten verehret.
Dann gab selbst sie dazu noch Mantel und herrliches Hemde,

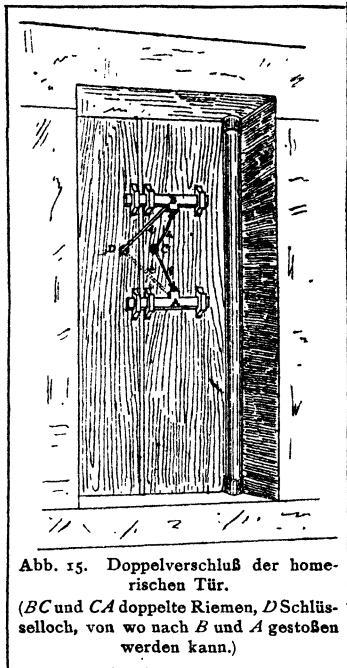


Abb. 15. Doppelverschluß der homerischen Tür.

(*BC* und *CA* doppelte Riemen, *D* Schlüsselloch, von wo nach *B* und *A* gestoßen werden kann.)

Und nun sprach sie zu ihm anhebend treffende Worte:
 Sieh nun selbst nach dem Deckel und schlinge behende den Knoten,
 Daß dich niemand beraube, sobald du ruhest auf der Heimfahrt
 Drin in dem schwärzlichen Kahne vom lieblichen Schlummer umfangen!

Man sieht, das ist ein Zauberknoten, den nur der göttliche Dulder zu schlingen und zu lösen weiß. Denn er hat das bei der Zauberin Kirke gelernt. Heißt es doch sofort (446):

Doch als dieses vernahm der göttliche Dulder Odysseus,
 Fügt' er den Deckel drauf und schlang dann hurtig den Knoten
 Vielfach hin und her, wie die Zauberin Kirke ihn lehrte.

Leider dauerte der unschuldige Zustand der Menschheit nicht lange, wo man sich durch Zauberknoten von verschlossenen Schatzhäusern abhalten ließ.¹⁾ So erfand man ein Kunstschloß, dessen Schlüssel den Namen „lakonischer Schlüssel“ führt. Aristophanes schildert in den Thesmophoriazusen ergötzlich den Ärger der Weiber, daß sie jetzt nicht mehr in der Speisekammer naschen könnten, da die Männer sie mit böartigen Geheimschlüsseln absperreten, die drei Zinken hätten.²⁾ Das System dieser lakonischen Schlüssel ist alt und nicht in Griechenland aufgekommen. Es finden sich dergleichen Schlösser in Ägypten schon aus der Zeit Ramses' II. (1292—1225), und sie sind auch heute im Orient wie bei uns hier und da noch im Gebrauch in mannigfaltigen Variationen.³⁾

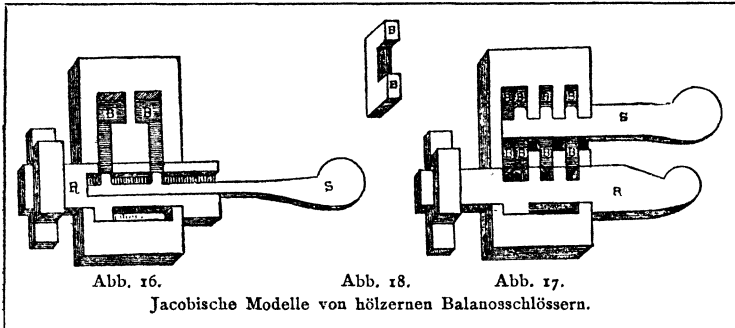
1) Über die Form dieser antiken Knoten vgl. Wolters, *Zu griechischen Agonen* (Würzb. Progr. 1901) S. 7 ff.; ders., *Faden und Knoten als Amulett*, *Archiv f. Religionsw.* VIII Beiheft S. 1 ff.; v. Bissing, *Ägyptische Knoten-amulette*, ebd. S. 23 ff.; Heckenbach, *De sacris vinculis* (Dietrich-Wünsch, *Religionsgesch. Versuche* IX 3) 104 ff.

2) Thesm. 421: οἱ γὰρ ἄνδρες ἤδη κλειδιά

ἀντὶ τοῦ φοροῦσι κρυπτά, κακοηδέστατα

λακωνικά ἔτα, τοῖς ἔχοντα γομφίους.

3) Dieser Hinweis hat mir eine Reihe von interessanten Beobachtungen moderner Türforscher eingetragen. Hr. Dr. J. H. Goedhart (Hengelo, Holland) fand in Wengen (Schweiz) und Umgegend 5 Balanosschlösser, noch

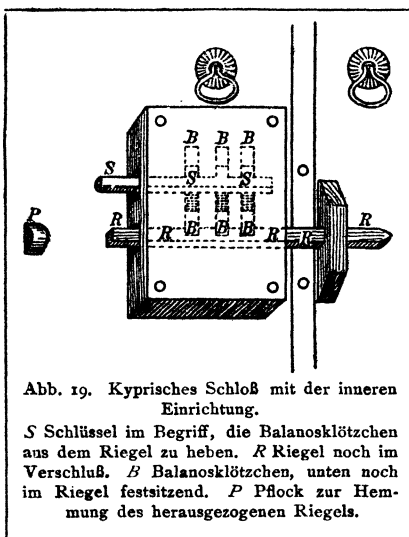


Das einfachste System ist folgendes¹⁾: Wir haben einen zwei- oder dreizinkigen Schlüssel *S*, der entweder in den Riegel *R* (Abb. 16) oder in das Gehäuse darüber (Abb. 17) eingesteckt wird. Im ersteren Falle hebt man ihn um ein kleines, so daß die Zinken die darüber stehenden, aus dem oberen Gehäuse in den Riegel sperrend eingreifenden Klötzchen (*βάλανοι*, d. i. Eicheln) *B* aus dem Riegel nach oben hinausdrängen, wodurch die Sperre des Riegels aufgehoben wird. Indem sich nun die Zinken in die vorher von Klötzchen eingenommenen Löcher eindringen, läßt sich der Riegel durch den Schlüssel nach rechts aus dem Verschlusse lösen.

Ähnlich ist das über dem Riegel wirkende zweite System (Abb. 17). Man führt den Schlüssel *S* in das Ge-

öfter das Kyprische Schloß (Tafel VI u. Abb. 19 S. 54). Eine Variante ohne Balanos führt einen Schlüssel ein, der mit seiner einzigen Zinke einen oben gekerbten Riegel packt. Ein ähnliches mit dem homerischen verwandtes System findet sich, wie Hr. K. Fischer (Trier) mitteilt, noch hier und da auf Bauernhöfen bei Marienwerder (Westpr.). Vgl. v. Luschan a. O.

1) Die Zeichnungen sind nach den zierlichen, von dem verstorbenen Geh. R. Jacobi im Homburg konstruierten Modellen angefertigt. Exemplare in Holz und kompliziertere in Eisen sind stets im Saalburgmuseum ausgestellt und käuflich. Ein ähnliches noch jetzt in Thera verwendetes Balanoschloß befindet sich als Geschenk des Herrn Hiller von Gärtringen in dem Apparat des Berliner Instituts f. Altertumskunde.



häuſe ein, hebt die Klötzchen *B* (Abb. 18) ſo hoch, daß ihr unterer in *R* eingreifender Teil gehoben wird (dieſen Zuſtand ſtellt die Abbildung dar). Dadurch wird die Sperrung des darunter befindlichen Riegels *R* aufgehoben. Er läßt ſich nun an ſeinem nach rechts überſtenden Ende leicht herausziehen.

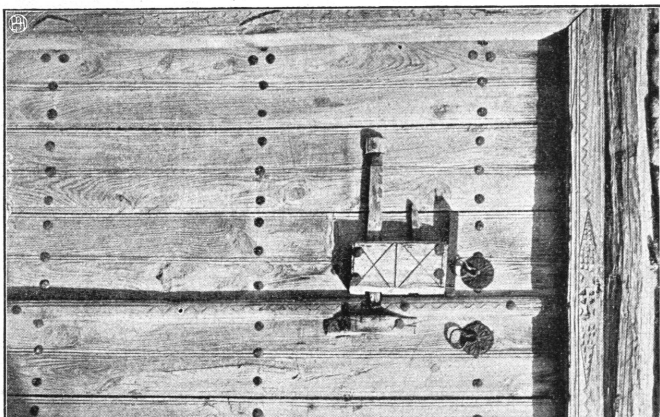
Damit Sie ſehen, wie dieſer Balanosverſchluß an der Türe ſelbſt funk-

tioniert, zeige ich Ihnen hier die Anſicht einer in dem heutigen Dorfe Politiko auf Cypern befindlichen Doppeltüre¹⁾, bei der das alte durch die Jahrtauſende treubewahrte System in einer kleinen Variante erſcheint (Tafel VI, dazu das Schema Abb. 19).

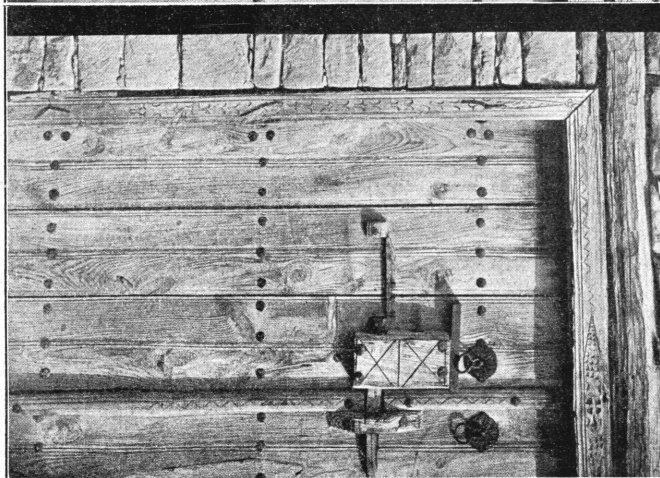
Rechts iſt das Schloß, über dem ſich der Ring zum Ziehen befindet, im Zuſtande des Verſchlusses. Der Schlüssel iſt abgezogen und hier zur Verdeutlichung zwiſchen dem Riegel und dem Riegelklötzchen, das ihn am allzuweiten Heraustreten hindert, aufgelegt (der undeutliche Stab zwiſchen Ring und Schloß iſt ein Maßſtab). Soll nun geöffnet werden, ſo wird der mit drei Zähnen verſehene Schlüssel *S* (Abb. 19) in das Schlüſſelloch eingesteckt und die im Innern befindlichen Balanosklötzchen (*B*) aus

1) Ich verdanke die Photographie dieſer Türe Herrn Wilh. Dörpfeld (Inſtitutſphotogr. Cypern n. 79 Athen).

Offen



Verschlössen



Tür in Politiko (Cypern). Balanosverschluss.

der Verzahnung des Riegels *R* gehoben, der dann nach links bis zum Pflöcke *P* zurückgeschoben werden kann.

Mit Sicherheit läßt sich der Gebrauch der „lakonischen“ Schlüssel und des dazugehörigen Balanossystems in Griechenland und seinen Kolonien nur bis zum Anfang des 5. vorchr. Jahrh. hinauf verfolgen. Allein wenn Aristophanes a. a. O. diese modernen Schlüssel „Geheimschlüssel“ (*κλειδία κρυπτά*) nennt und in einem der jüngsten Teile der Ilias¹⁾ der Thamos der Hera geschildert wird, den ihr Sohn Hephaistos mit einem Geheimschloß (*κλειδι κρυπτῷ*) versehen hatte, das kein anderer Gott zu öffnen imstande war, so ist es wahrscheinlich, daß der auch sonst sehr modern gerichtete Dichter dieser Episode auf jene Geheimkunst anspielt wie Parmenides in seiner Schilderung der himmlischen Türe.²⁾ An dem Berichte des Plinius³⁾, daß Theodoros von Samos den Schlüssel (es kann nur der lakonische gemeint sein) erfunden haben soll, mag wohl etwas sein. Denn, wie früher erwähnt⁴⁾, steht diese Insel zu Polykrates' Zeit an der Spitze der hellenischen Technik, und die lebhaften Beziehungen zu Ägypten machen es nicht unwahrscheinlich, daß damals intelligente Techniker von dorthier ein System in ihre Heimat einführten, dessen Vorzüge auch heute wieder in den raffinierten Schlössern der Sicherheitsschränke zur Geltung gebracht werden.

Freilich unsere gewöhnlichen Schlösser sind heutzutage Federschlösser. Die Einrichtung eines solchen Schlosses läßt sich leicht an einer schematischen Skizze (Abb. 20) zeigen. Der in eine

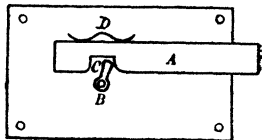


Abb. 20. Modernes Drehschloß. Inneres geöffnet. *A* Riegel. *B* Dorn. *C* Hohler Schlüssel mit Bart. *D* Feder.

1) In der *Διὸς ἀπάντη* 165 ff.

2) *I, 16 βαλανωτὸν ὀχῆα*.

3) N. hist. VII 198.

4) S. 8 ff.

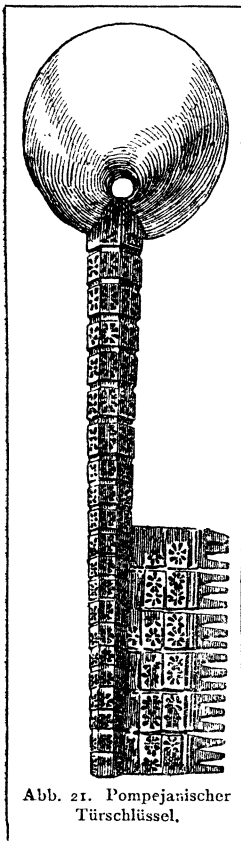


Abb. 21. Pompejanischer
Türschlüssel.

Röhre endigende Schlüssel wird auf den Dorn *B* aufgesetzt. Der „Bart“ des Schlüssels spielt um diesen festen Punkt *B*, und indem beim Umdrehen der federnde Riegel *A* von rechts nach links gedreht wird, schiebt er sich in das Schloß zurück und öffnet dadurch den Verschuß. Dieses „Dreh-schloß“ ist bereits den Römern bekannt. Die meisten Schlüssel, die man aus römischer Zeit gefunden hat, gehören diesem System an. Es sind darunter zum Teil kunstvoll gearbeitete Stücke, wie der pompejanische Türschlüssel (Abb. 21). Ich habe früher versucht, aus den Türschlössern und Schlüsseln, die auf attischen Vasen erschienen, den Ursprung dieses bequemen Verschlusses in das hellenische Altertum hinaufzurücken.¹⁾ Dieser Nachweis ist bei der Inkorrektheit der Vasenmaler, wo es sich um solche Details handelt, nicht ganz sicher. Man wird also warten müssen, bis fest datierbare Fundstücke diese Hypothese

bestätigen. Aber es sei dem, wie es wolle, man wird aus dem Mitgeteilten den Eindruck empfangen, daß die antike Technik nicht ohne Geschick und Erfolg an der Sicherung des Eigentums gearbeitet und der Neuzeit manche fruchtbare Anregung auch auf diesem Gebiet gegeben hat.

1) *Parmenides* S. 145 ff.

III

DAMPFMASCHINE, AUTOMAT, TAXAMETER

Die meisten von Ihnen werden die Wasserkünste im nahegelegenen Parke von Hellbrunn¹⁾ kennen, nur wenige werden wissen, daß diese im 17. und 18. Jahrh. beliebten technischen Wunderwerke der Anregung eines griechischen Autors verdankt werden, dessen physikalisch-mechanische Werke fast als einziger Überrest der antiken, wissenschaftlich fundierten Technik sich zu den Arabern und zu uns herüber gerettet haben. Dieser Autor heißt Heron von Alexandrien. Er lebte wahrscheinlich im 2. Jahrh. nach Chr.²⁾ und ist uns dadurch besonders wertvoll, daß er neben einigen eigenen kleinen Erfindungen einen großen Schatz

1) Das kaiserl. Schloß Hellbrunn, 5 km südlich von Salzburg, ist vom Erzbischof Marcus Sitticus 1613 erbaut und der Park mit großen Wasserkünsten (mechanisches Theater mit 154 Figuren und Orgelwerk, Neptungrotte mit zwitschernden Vögeln) ausgestattet worden, die noch heute ein zahlreiches Publikum anlocken. Bekanntester als diese größte und heute noch gut im Gange befindliche „Wasserkunst“ sind die Wasserspiele im Park der Villa Pallavicini bei Pegli. Vgl. hierüber Bassermann-Jordan, *Gesch. der Räderuhr* (Frankf. 1905) S. 37.

2) Die Ansichten der neueren Forscher schwanken zwischen 100 v. Chr. (Martin, Hultsch, Tittel, S. Meyer) und 200 n. Chr. (Hammer-Jensen, *N. Jahrb. f. d. kl. Alt.* XXV 413 ff., die neuerdings [*Herm.* XLVIII 224 ff.] sogar bis 300 n. Chr. herabgeht). Dagegen R. Meyer, *De Heronis aetate*, Leipzig 1905. Er schließt S. 30: *Heronem neque ante secundi ante Chr. n. saeculi partem alteram neque multo post primum a. Chr. n. saeculum medium floruisse*. Dagegen wieder A. A. Björnbo, *Berl. Philol. Woch.* 1907 Sp. 321 ff. Ich halte an der von mir zuerst vertretenen, von Carra de Vaux, Tannery, Heiberg u. a. angenommenen späteren Datierung (2. Jahrh. n. Chr.) fest, obgleich ein sicheres Resultat noch nicht gewonnen ist. Literatur bei Tittel, Art. *Heron* in Pauly-W. *R.-Enc.* VIII 992 ff.

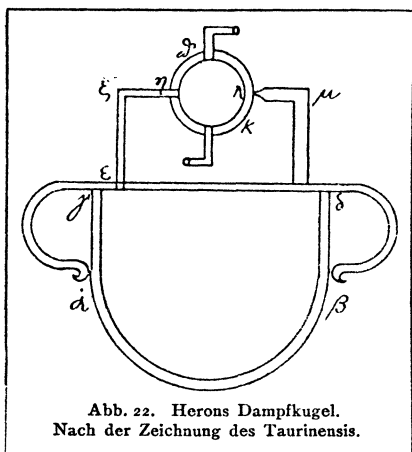


Abb. 22. Herons Dampfkuugel.
Nach der Zeichnung des Taurinensis.

antiker Physik und Technik wörtlich abgeschrieben hat, der seit der Renaissance unsere moderne Mechanik vielseitig angeregt und befruchtet hat.¹⁾

Sein Name ist in dem Schulunterricht mit dem sog. Heronsball verknüpft, in dem Wasser durch komprimierte Luft zum Ausfluß gebracht wird.²⁾ Das Prinzip ist schon in der von Ktesibios

erfundenen Feuerspritze³⁾ zur Anwendung gebracht. Eine modernere Form ist der Siphon und die Parfümspritze.

Wichtiger ist für die Folgezeit Herons Dampfkuugel (Aeolipile)⁴⁾ geworden, der Keim der modernen Dampfmaschine. Die aus antiker Zeit stammenden schematischen Zeichnungen unserer Heronhandschriften geben für Uneingeweihte schwerlich einen Begriff der Sache.⁵⁾ Sie sehen so aus (Abb. 22).

1) Herons hier hauptsächlich in Betracht kommende Pneumatica und Automata liegen in einer ausgezeichneten Ausgabe von Wilhelm Schmidt, *Heronis Opera I mit Supplement* (Leipzig, Teubner 1899), vor, in welcher dem nach den Hss. sorgfältig rekonstruierten griechischen Texte eine deutsche Übersetzung und die modernisierten Abbildungen der gr. Hss. beigegeben sind. Der von mir zu diesem Werke angeregte Gelehrte ist leider infolge von Überarbeitung nach Beendigung der Mechanik und Katoptrik (Heronis opp. II 1, Leipzig 1900) gestorben. H. Schoene und J. L. Heiberg haben die Ausgabe (III, IV) fortgesetzt.

2) Heron, *Pneumatik* c. 15 (I, S. 243 Schmidt). Vgl. 23 (271).

3) Vgl. Hammer-Jensen, *N. Jahrb. f. d. kl. Alt.* XXV (1910) 414.

4) Der aus Vitruv I 6, 2 stammende Ausdruck *aeolipila* bedeutet eigentlich etwas anderes.

5) W. Schmidt, Einl. zu s. Heron I, S. XLV, Abb. 55 b.

Verständlicher muten uns die beiden Ansichten der Dampfmaschine an, die Wilhelm Schmidt seinem Texte selbst beigegeben hat¹⁾ (Abb. 23 und 24 S. 59, 60).

Das in dem unteren Kessel $\alpha\gamma\delta\beta$ enthaltene Wasser wird erhitzt. Der Dampf steigt in der Röhre $\varepsilon\xi\eta$ empor und dringt in die um η und λ sich drehende Kugel

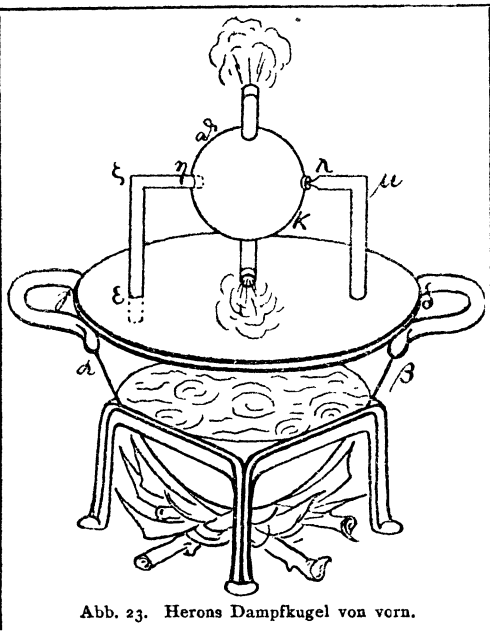


Abb. 23. Herons Dampfkugel von vorn.

$\theta\kappa$, die zwei hakenförmig gekrümmte Ausflußröhren besitzt, deren Enden nach entgegengesetzter Richtung gebogen sind. Der ausströmende Dampf treibt durch den auf die Röhre geübten Gegendruck die leichtbewegliche Kugel im entgegengesetzten Sinne zu dem Dampfstrom, wodurch ein schnelles Rotieren derselben bewirkt wird.

Um Ihnen das alte Experiment hier vorzuführen, bediene ich mich einer — gekrümmten Glasröhre, die in der Mitte kugelförmig aufgeblasen ist²⁾ und zu beiden Seiten der Kugel an einem Draht aufgehängt ist, so daß sie

1) S. 230 u. 231, Abb. 55 und 55a.

2) Ich habe diesen und den folgenden kleinen Apparat von der Glasbläserei Burger & Co., Berlin N 4, Chausseest. 8, bezogen, welche diese beiden Muster auf Lager hält.

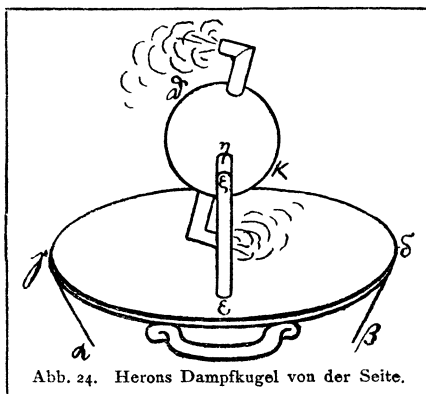


Abb. 24. Herons Dampfkugel von der Seite.

leicht um ihre Achse rotieren kann (Abb. 25). Fülle ich nun die Kugel mit etwas Wasser und erwärme sie vorsichtig, so strömt der Dampf zu beiden Seiten aus und die Röhre dreht sich immer schneller, je stärker die Erwärmung und Dampfentwicklung sich vollzieht.

Noch einfacher ist der kleine einarmige Apparat, den ein englischer Gelehrter, Sir George Greenhill, erdacht hat¹⁾ und den ich Ihnen hier auch vorführe (Abb. 26).

Wenn nun auch in diesen kleinen Experimenten die Wirkung der Dampfkraft sich deutlich bekundet, so war gleichwohl bis zur Dampfmaschine noch ein weiter Weg.²⁾ Die Zeit Herons war mehr auf Spielerei als auf praktische Ziele gerichtet. Seine Darstellung der physikalischen Pro-

1) Er war früher Professor der Mathematik an der Artillerieschule von Woolwich. Ich verdanke die Kenntnis seines zierlichen Apparates Herrn Herm. Amandus Schwarz dahier, der ihn s. Z. der Akademie vorführte. Als drehbarer Aufhänger diente ihm dabei der obere Teil eines gewöhnlichen Taschenuhrschlüssels (alter Konstruktion), der an einen Halter angeschraubt wurde.

2) Doch ist zu bemerken, daß der von Heron, Pneum. II 34 und Athen. III 98c beschriebene Badeofen (*Miliarium*) eine Feuereinrichtung hat, die mit den modernen Systemen von Cornwall, Galloway und Field bemerkenswerte Analogien bietet. Vgl. W. Schmidt, *Zur Gesch. des Dampfkessels im Altertum*, *Bibliotheca math.* III. Folge 4 (1902) 337 ff. Ferner ist von O. v. Lippmann (*Abh. u. Vorträge* II 201) nachgewiesen worden, daß der von Papin 1687 erfundene Dampfkochtopf („Digestor“) bereits bei Philumenos, einem Arzte des 3. Jahrh. n. Chr., zur Bereitung der Tisane vorgeschrieben wird. Mit Recht bemerkt der Verf., daß dieser Arzt nur als Kompilator in Betracht kommt. Die Erfindung ist also älter.

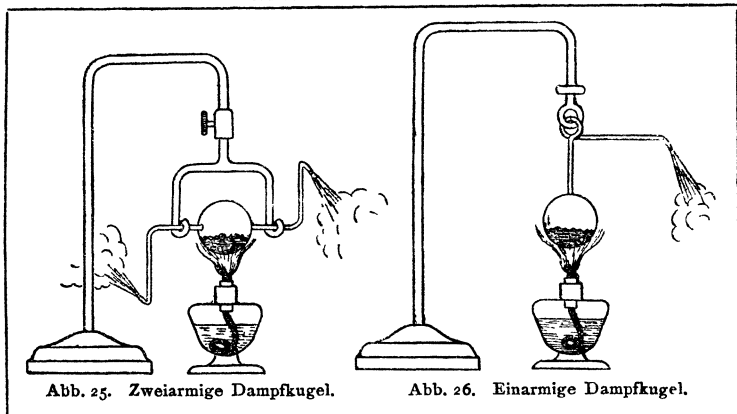


Abb. 25. Zweiarmlige Dampfkugel.

Abb. 26. Einarmige Dampfkugel.

bleme erinnert durchaus an die Art, wie die Physik in den Kuriositätenkabinetten der hohen Herren im 17. u. 18. Jahrh. betrieben wurden. Immerhin zeigt eine Anwendung des Heronischen Dampfmaschinenexperiments zu praktischen Zwecken eine Erfindung, die Giovanni Branca, der von 1616 an als Architekt der Santa Casa in Loreto angestellt war¹⁾,

1) Sein Buch hat den Titel: *Le Machine. Volume nuovo et di molto artificio da fare effetti maravigliosi tanto Spirituali quanto di Animale Operatione arichita di bellissime figure con le dichiarazioni a ciascuna di esse in lingua volgare et latina*, Roma 1629. 4^o (Preuß. Staatsbibl. Og 8698. 4^o). Die lateinische Erklärung lautet: Fig. 25 *ad tundendum materias pro facienda (sic) pulvere, sed cum mirabili motore, qui nil aliud est quam caput metalli cum suo trunco signato per A aqua pleno per foramen B posito supra accensos carbonēs in foco C, ut non possit in alium locum expirare quam in os D. ita violentum spiritum emittet, ut vertens rotam E et suum rochetum (Stabrad) F pulsaverit in rotam dentatam G et suo rochetto H movet rotam I quae rochetto K movet rotam L cum cilindro impernato (mit Stiften versehen) pro extollendis duobus pistillis N. O. in fixis fulcimentis P. Q. quae invicem se extollentes supra vasa metalli M tundantur pulvis aliaeque materiae necessitate*. Da der dampfausblasende Kopf aus Heron, *Pneumat.* II 34 (I 304, Abb. 78 a Schmidt) stammt (ähnliche „Püstriche“ des 15. Jahrh. bei Feldhaus, *Technik* S. 844ff.) wie das Motiv des Dampfbetriebs, so ist es fraglich, ob dieses Projekt jemals über das Papierstadium hinaus gediehen ist.

1629 veröffentlicht hat. Er leitet den ausströmenden Dampf auf ein Schaufelrad (Abb. 27), durch das vermittlems mehrerer Übertragungen ein kleines Stampfwerk in Betrieb gesetzt werden soll. Ob der Plan wirklich ausgeführt worden ist, habe ich nicht ermitteln können. Jedenfalls hatte diese Erfindung, die den Grundgedanken der Turbinenräder enthält, für die Technik zunächst keine weiteren Folgen.

Auf Spielerei läuft bei Heron auch ein großer Teil seiner Automaten hinaus. Die Schrift, die sich mit diesen zierlichen Kunstwerken der antiken Mechanik befaßt¹⁾, hat theatralische oder populär-religiöse Vorführungen zum Zwecke. So ist in diesem „Automatentheater“ ein Apparat beschrieben, um den Zuschauern ein Bacchusfest im kleinen vorzuzaubern²⁾, ein anderer führt ein antikes Drama Nauplios in fünf Akten vor, dessen Figuren alle durch Räderwerke und Seile automatisch nacheinander in Bewegung gesetzt wurden.³⁾ Palamedes, der Sohn des Nauplios, war durch die Ränke der Hellenen im Lager von Troja gesteinigt worden. Daher rächte sich der Vater Nauplios dadurch an den heimkehrenden Griechen, daß er an der Südspitze von Euböa ein falsches Fanal in der Nacht errichtete. Die Schiffe der Griechen erleiden an dem gefährlichen Vorgebirge Kaphereus sämtlich den Untergang. Athene schleudert den Blitz gegen Ajax.

Das Automatentheater stellte das Drama nun in folgenden fünf Akten vor.

1. Akt: zwölf Griechen hantieren an den Schiffen, um sie vom Stapel zu lassen. Allerlei Handwerker arbeiten

1) *Περὶ αὐτοματοποιτικῆς* (d. h. Über die Kunst der Verfertigung von Automaten) Heron I 338—453 ed. W. Schmidt.

2) Ebd. c. 13 S. 382 ff.

3) Ebd. c. 24—30 S. 423 ff. Dazu W. Schmidt, *Hero v. Alex.* (Sonderabdr. aus *N. Jahrb. f. d. kl. Alt.* 1899 S. 250 ff.), Leipzig 1899, S. 12; R. Schoene, *Jahrb. d. Arch. Inst.* V (1890) 73.

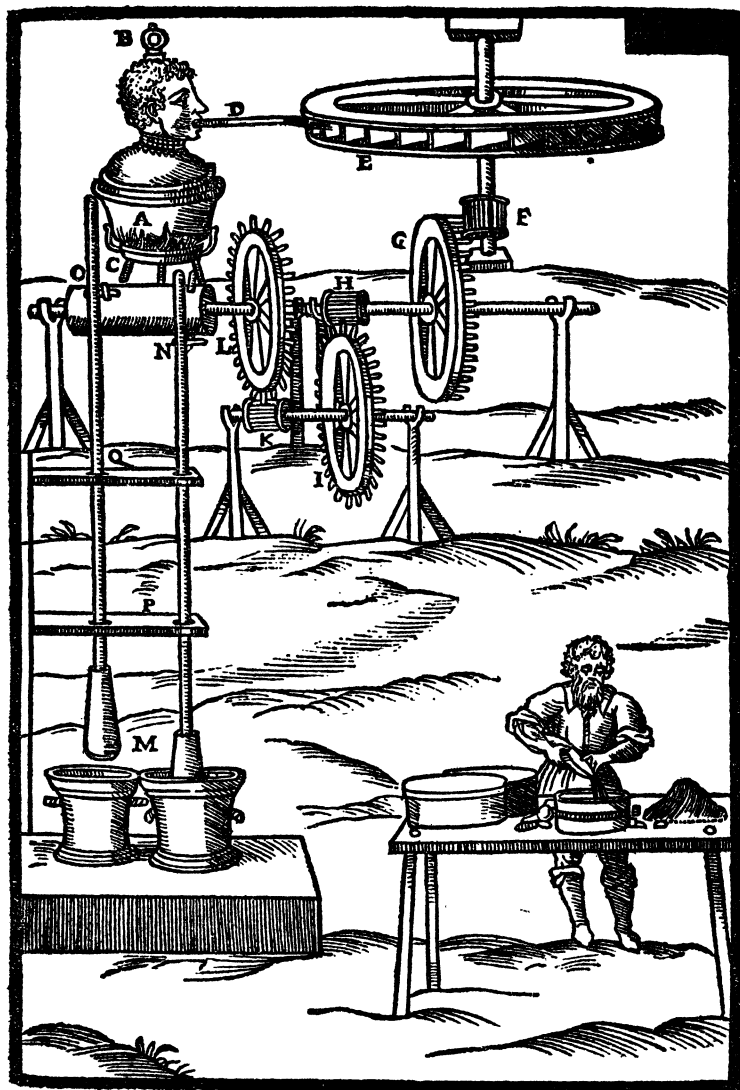


Abb. 27. Brancas Dampfmühle.

im Hintergrunde: sägen, hämmern, bohren usw., ähnlich wie bei den Hellbrunner Automaten, nur daß dieses altgriechische Automatentheater nicht durch Wasserkraft, sondern durch starke Gewichte getrieben wird, die mit Schnüren die Räder und Maschinen in Bewegung setzen.

2. Akt: Stapellauf der Schiffe.

3. Akt: Fahrt der Schiffe. Delphine tauchen neben den Schiffen auf und nieder.

4. Akt: Sturm. Nauplios errichtet das falsche Fanal.

5. Akt: Schiffbruch. Ajax schwimmt nach dem Lande. Da erscheint oben auf der Theatermaschine (ganz wie im alten attischen Theater) die Göttin Athene, die den Blitz gegen ihn schleudert. Die Donnermaschine besorgt den obligaten Gewitterlärm. Ajax verschwindet in den Fluten, indem ein Prospekt sich vorschiebt und den Schwimmer verdeckt.

Diese Theaterautomaten haben früher in den mechanischen Theatern der Jahrmärkte vielfach Nachahmung gefunden. Heutzutage ist von den Automaten Herons nur noch einzelnes, z. B. „die zwitschernden Vögel“ und dgl., als Spielwerk in praktischer Verwendung. Zwei Vorrichtungen Herons aber haben in der allerletzten Zeit eine ungewöhnliche Bedeutung für den Verkehr erhalten: der Taxameter und der Warenautomat.

Der Taxameter (Taxenmesser) heißt bei Heron Hodometer (Wegmesser). Seine Beschreibung¹⁾ lautet in freier Übersetzung so:

Mit dem Hodometer können wir auf dem Lande zurückgelegte Entfernungen messen, ohne die Maßkette oder die Maßstange mühsam zur Anwendung zu bringen. Viel-

¹⁾ Herons Dioptra 34 (III S. 292 ed. H. Schoene); dazu v. Wilamowitz, *Lesebuch* I 262 (emendierter Text und Abbildung).

mehr sitzen wir bequem im Wagen und messen die zurückgelegten Entfernungen einfach an der Drehung der Räder.

Die Maschine wird so hergestellt (Abb. 28 S. 66): Man baut einen Kasten $AB\Gamma\Delta$. Auf dessen Boden ist ein mit acht Speichen versehenes Rad EZ eingesetzt, das parallel zu dem Boden des Kastens sich um eine Achse dreht, die oben in einen Zwischenboden eingelassen ist. Der Kasten ist an der Stelle, wo jenes Speichenrad läuft, so ausgeschnitten, daß von unten her ein vertikaler Stift in die Speichen desselben eingreifen kann, der mit der Nabe des großen Wagenrades in Verbindung steht und bei einer einmaligen Drehung des Rades einmal auf eine jener acht horizontalen Speichen trifft und sie fortschiebt, so daß die zweite, dritte Speiche usf. an den Ausschnitt vorrückt.

An der nach oben gehenden Achse des Speichenrades ist ein Zylinder mit Schraubengewinde (Schraube ohne Ende) angebracht. In dieses Gewinde greift ein vertikales Zahnrad ein, das an einer Querachse befestigt ist. Diese hat wieder ein Gewinde, das ein zweites horizontales Zahnrad treibt; dessen Achse mit Schraube treibt ein drittes Zahnrad, dies ein viertes System und so nach Belieben weiter. Je mehr Zahnräder und Gewinde wir anbringen, um so mehr Meilen können wir im Wegmesser messen.

Nun arbeitet der Mechanismus folgendermaßen: Jede Drehung des Gewindes rückt das Zahnrad um einen Zahn weiter. Wenn nun das umlaufende Rad des Wagens einen Umlauf vollendet hat, so dreht der Stift der Nabe eine der acht Speichen um. Hat nun das nächste Zahnrad 30 Zähne, so markiert das anstoßende zweite Schneckengewinde eine Umdrehung, wenn $8 \times 30 = 240$ Umdrehungen des Wagenrades vollzogen sind. Das nächste Zahnrad zeigt dann $240 \times 30 = 7200$ Umdrehungen des Wagenrades an. Hat nun dieses eine Peripherie von 10 gr. Ellen = 15 gr. Fuß,

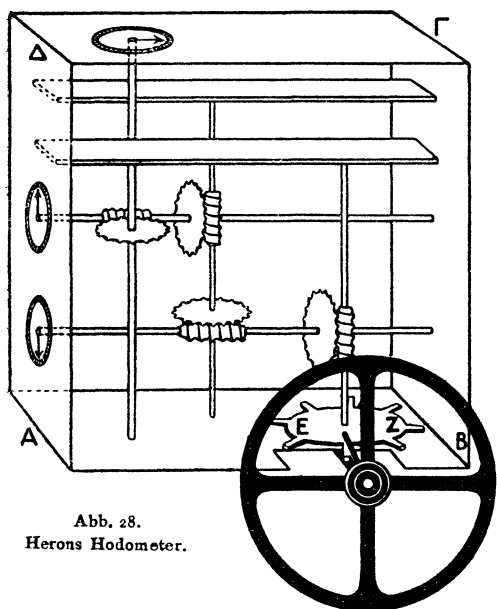


Abb. 28.
Heron's Hodometer.

so gibt die Totalsumme 7200×15 Fuß, d. h. 108000 Fuß. Da nun 600 Fuß ein griechisches Stadion ausmachen, so beträgt der zurückgelegte Weg 180 Stadien.

Um nun diese Umdrehungszahlen sofort äußerlich kenntlich zu machen, gehen die runden Achsen der Zahnräder nach außen hin durch und laufen dort in quadratischer Form aus. Diese Enden tragen Zeiger, die einen

graduierten Kreis durchlaufen, an dem man den Stand der einzelnen Räder ablesen und so die Entfernung genauer feststellen kann. Also etwa so wie bei unseren Elektrizitätsmessern.

Ein etwas abweichendes Hodometer beschreibt der römische Architekt Vitruv X 9, 1—4¹⁾, der ähnliche mechanische Werke wie Heron nach alexandrinischer Vorlage lateinisch bearbeitet hat. Namentlich gibt er Nachricht von den Erfindungen des Ktesibios, des Erfinders der Feuerspritze. Der Hodometer des Vitruv (Abb. 29) ist sonst konstruiert wie der des Heron. Allein das letzte Zahnrad, dessen Umdrehungen die Totalsumme der zurückgelegten Reise

1) Er lebte unter Augustus. S. oben S. 32, unten S. 164 ff.

anzeigen, hat eine Anzahl von Löchern im Kreise durchgebohrt, so viele Meilen etwa an einem Tage zurückgelegt werden können. Diese Löcher sind mit Kugeln ausgefüllt, die lose zwischen diesem Rade und dem in geringem Abstand darunter befindlichen Deckel des Gehäuses liegen.

Nun läuft nach Umdrehung einer Meile das Loch *H* des Zahn-

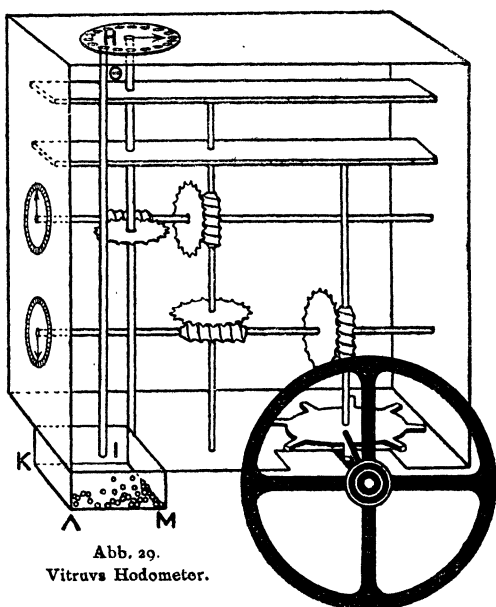


Abb. 29.
Vitruvs Hodometer.

sprechendes Loch des Gehäuses, das wie die Löcher des Zahnradkreises die Kugel durchläßt. In dieses Loch mündet eine Rinne *OI*, durch welche die Kugel aus dem Zahnrad nach unten befördert wird und in eine ehre Schublade *KAIM* unter dem Hodometerkasten auffällt. Dadurch wird den Mitfahrenden jedesmal die zurückgelegte Meile zu Gehör gebracht. Am Ende der Reise zieht man die eherne Schublade heraus, zählt die Kugeln nach: so viel Kugeln, so viel Meilen. Man sieht Vitruvs Apparat ist nicht so elegant und wissenschaftlich genau wie der Wegweiser Herons, aber er ist praktisch, er ist römisch!

Interessant ist nun, daß Vitruv (X 9, 5—7) mitteilt, was Heron ausgelassen hat, daß dieser Hodometer auch bei der Schifffahrt Verwendung finden kann. Die Schiffe, seien es Ruder- oder Segelschiffe, werden an der Seite mit Schau-

felrädern einer bestimmten Dimension versehen, wie unsere Räderdampfschiffe.¹⁾ Die Bewegung des Schiffes setzt die Räder in Bewegung und diese markieren die zurückgelegte Meilenzahl.

Dieses System hat trotz aller neueren Versuche bis jetzt das umständliche und unzuverlässige Logsystem unserer Schiffe, das 1577 der Kupferstecher Humphray Cole erfunden hat, noch nicht verdrängt, wohl aber hat der Wegmesser seit einem Menschenalter sich siegreich durchgesetzt. Schon Leonardo da Vinci hat nach Vitruv zwei Skizzen von Wegmessern entworfen.²⁾ Auch der moderne Taxameter ist genau dem Prinzip des antiken Hodometers nachgebildet. Nur wird die Umdrehung des Hinterrades nicht direkt auf den Apparat geleitet, sondern durch eine pneumatische Schlauchleitung oder besser durch eine biegsame Welle auf den Kutscherbock übertragen.

Zuletzt erwähne ich aus der Reihe der Apparate Herons den Weihwasserautomaten, der das Vorbild unserer Schokolade- und Billettautomaten geworden ist.³⁾ Im Altertum stand dieser Apparat vor den Tempeln, um das Weihwasser gegen Einlage eines Kupferstückes auf die Hände des frommen Tempelbesuchers herabrieseln zu lassen. Heron

1) Der Gedanke, Räder zur Fortbewegung der Schiffe zu benutzen, ist bereits am Ende des Altertums (gewiß nach früheren Schriften) aufgetaucht bei dem Anonymus *De rebus bellicis* S. 20 ed. R. Schneider (Berl. 1908), über den S. 107 ausführlicher gehandelt ist.

2) Cod. Atlantic. f. 1 R. (nach Feldhaus, *Leonardo der Techniker*, Jena 1913, S. 115 f.).

3) Heron, *Pneumat.* I 21 (I 110 ff. Schmidt). Heron läßt für die äußere Form der Automaten die Wahl zwischen einem *Spondeion* (Krug zum Spenden) oder einem *Thesauros* (Opferkasten). Ich habe für die Zeichnung der Deutlichkeit wegen die letztere Form gewählt. Ein steinerner, ebenfalls (wie der Heronische) ägyptischen Göttern (Sarapis, Isis, Anubis) geweihter *Thesauros* (Anf. d. 3. Jahrh. v. Chr.) hat sich auf Thera gefunden. *Mitt. d. Ath. Inst.* XXI (1896) 257. I. G. XII 3 n. 443 (S. 104).

teilt mit, daß die schlaun ägyptischen Priester diese Verbindung von Weihwasserbecken (*περιρραντήριον*) und Opferstock (*θησαυρός*) ausgedacht und die alexandrinischen Mechaniker diesen Apparat eingerichtet hätten. Er beschreibt seinen Automaten folgendermaßen (Abb. 30). Man nehme einen Opferstock $AB\Gamma\Delta$, der auf der oberen Platte einen Schlitz α hat. Darin befindet sich ein mit Wasser gefülltes Gefäß $ZH\Theta K$. Auf dessen Boden befindet sich eine Büchse A , die mit der Ausflußröhre AM in Verbindung steht.

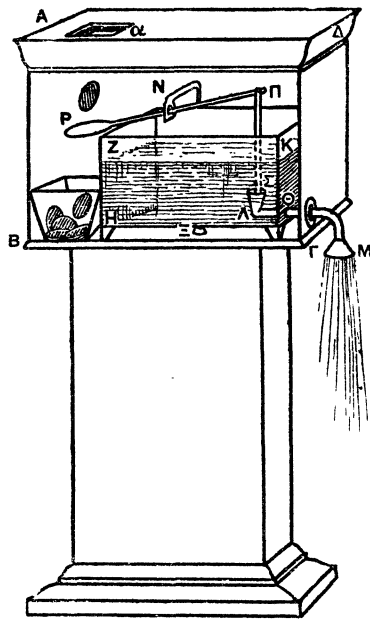


Abb. 30.
Heron's Wasserautomat (vorn geöffnet).

Hinter dem Wassergefäß befindet sich in dem Opferstock ein senkrechter Stab $N\Sigma$, um dessen oberes hakenförmig umgebogenes Ende der Wagebalken $P\Pi$ balanciert. Der Wagebalken hat an dem einen Schenkel eine kleine Platte P , die im Zustande der Ruhe parallel zu dem wagerechten Deckel oder dem Boden des Opferstockes steht; wird die Platte aber durch ein kleines Gewicht oder eine Kupfermünze beschwert, so senkt sie sich und natürlich hebt sich entsprechend der andere Schenkel des Wagebalkens bei Π . An diesem hängt eine Stange $\Pi\Sigma$, die mit einem Deckel unten in die Büchse A hineingreift und die Ausflußröhre AM in Zustand der Ruhe verschließt. Wird dagegen oben durch den Schlitz α das Geldstück hinein- geworfen, so fällt dieses auf die Platte P , drückt sie nieder

und gleitet an dem nunmehr schiefgestellten Plättchen in den Opferstock hinunter. Die Senkung des Wagebalkens hebt auf der andern Seite den rechten Schenkel desselben und damit die Stange $\Pi\Sigma$; der Verschluß der Büchse A öffnet sich, und das Wasser strömt durch das Rohr AM aus dem Gefäß $ZH\Theta K$ heraus. Inzwischen schnellte der Wagebalken, nachdem das Geldstück heruntergefallen, wieder in seine alte Lage zurück, die Stange $\Pi\Sigma$ verschließt wieder die Ausflußröhre, und das Spiel kann von neuem beginnen. Der Küster öffnet von Zeit zu Zeit den Opferstock, nimmt die Kupferstücke heraus (Heron nimmt ein Fünfdrachmenstück, das etwas mehr als ein Lot [17,80 g] wog, als Normalstück) und füllt frisches Weihwasser nach.

Der Erfinder dieses alten Tempelwunders hätte sich gewiß nicht träumen lassen, daß seine Idee etwas vervollkommenet den ganzen modernen Kleinverkauf umgestalten würde. Es ist nicht bekannt, ob der moderne Erfinder der Automaten¹⁾ Heron direkt benutzt hat. Aber da das Buch die ganze neuere Mechanik direkt und noch mehr indirekt beeinflußt hat, so ist ein Zusammenhang wohl möglich, namentlich in England, wo die klassische Bildung noch mehr wie sonst das Zeichen des gebildeten Mannes ist und eine moderne englische Übersetzung, die durch das Zusammenwirken eines Philologen und eines Maschineningenieurs entstanden ist²⁾, die antiken Ideen mehr verbreitet hat als bei uns.

1) P. Everitt in London, der 1885 die ersten Verkaufsautomaten konstruierte.

2) B. Woodcroft, *The pneumatics of Hero of Alexandria from the original greek translated and edited*, London 1851. Das Buch ist dem Prinzen Albert gewidmet und nicht ohne Verdienst. Vgl. W. Schmidt, *Hero*, Supplem. S. 135.

IV

ANTIKE TELEGRAPHIE

Der Wunsch, räumlich entfernten Personen seinen Willen kundzutun, hat jedenfalls stark mitgewirkt zur Erfindung der Schrift, die sich bei den Sumeriern und ihren Nachfolgern, den Babyloniern und Assyriern, wie bei den Ägyptern in die graue Vorzeit verliert. Auch die Herrscher der mykenischen Epoche verfügten über ausgebildete, leider noch unentzifferte Schriften.¹⁾ Die Vorstellung, als ob die homerischen Sänger keine Schrift gekannt hätten, hat sich angesichts der Entdeckungen des letzten Menschenalters als falsch erwiesen. Selbst die gewöhnliche griechische Schrift, welche die Alten selbst die phönikische nannten, weil sie tatsächlich den Phönikiern entlehnt ist, war schon im 9. Jahrh., also zu Homers Zeit, bekannt, und so sehen wir die berühmte Stelle der Ilias²⁾, wo der König Proitos dem Bellerophon einen Uriasbrief mitgibt an seinen Schwager, den Lykierkönig Iobates, jetzt mit anderen Augen an. „Zeichen tödlichen Sinnes geritzt in gefaltete Tafeln“ gab er ihm nach Asien mit und gebot ihm, sie dem verwandten Herrscher zu bringen.

Da diese Schreibtafel mit dem geheimen Befehl, den Überbringer zu ermorden, dem Bellerophon selbst nicht sichtbar sein durfte, mußte sie, wie das im ganzen Aitertum üblich war, aus einer hölzernen Doppeltafel bestehen, deren beide Blätter an der einen Seite zusammenhingen, an der

1) Die kretischen Schriften dieser Epoche hat gesammelt A. J. Evans, *Scripta Minoa, the written documents of Minoan Crete with special reference to the archives of Knossos I*, Oxford 1909.

2) 6, 155.

anderen aber mit Faden und Siegel verschlossen waren, mochte das nun ein umgebogenes Stück Birkenrinde sein, in deren Inneres die Zeichen eingeritzt waren, wie das in uralten Zeiten wohl üblich war, oder eine der später üblichen Doppeltafeln aus Holz mit einer ausgehöhlten Fläche, in die Wachs gegossen wurde, in welches dann mit dem Griffel die Zeichen geritzt wurden. Ein solches „Diptychon“ hält die zierliche Tanagräerin (Tafel VII) im Schoße, die über den darauf geschriebenen Brief des Liebsten nachdenken mag.¹⁾ Wie nun auch die Form des Uriasbriefes, den Homer beschreibt, beschaffen gewesen sein mag, er zeigt uns jedenfalls die älteste Art von Geheimdepeschen.

Ein anderes System von Geheimbotschaft haben verschiedene griechische Staaten wie Sparta und Ithaka offiziell zur Anwendung gebracht, die Skytale, die schon im Anfang des 7. Jahrh. v. Chr. in Griechenland allgemein bekannt gewesen sein muß, weil Archilochos um 650 das Wort bereits in übertragender Bedeutung verwendet.²⁾ Diese Skytale besteht aus zwei völlig gleichgearbeiteten runden Stäben, von denen man den einen Stab in dem Archiv verwahrte, während man den anderen dem Beamten mitgab, mit dem man Depeschen wechseln wollte. Die Depesche selbst schrieb man auf einen Lederstreifen, den man spiralförmig um den Stab gewickelt hatte. Zieht man ihn ab, so ist die Schrift zusammenhanglos und für den Uneingeweihten nicht lesbar. Der fern weilende Beamte aber wickelte den Lederstreifen um seine Skytale. Dann ordneten sich wieder die Buchstaben um die ursprünglichen Reihen, und der Sinn wurde dem Beamten klar.

Sie sehen hier zwei zylindrische, gleich dicke Stäbe

1) Furtwängler, *Sammlung Saburoff* (Berlin 1883) II, Taf. 86. Weitere Darstellungen weist nach Birt, *Buchrolle in der Kunst*, Lpz. 1907, S. 201.

2) Leopold, *De scytale Laconica*, *Mnemosyne* 28 (1900) 365 ff.

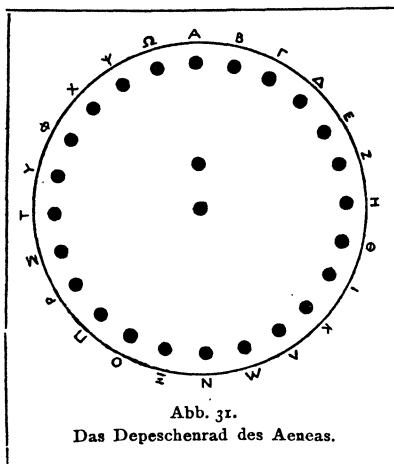


Das tanagräische Mädchen mit dem Diptychon.
(Sammlung Saburoff.)

von Holz, die genau den gleichen Durchmesser (1,7 cm) haben.¹⁾ Ich wickle nun diesen weißen 10 cm breiten Lederstreifen schräg aufsteigend auf den einen Schaft (*συντάλη*), so daß die Ränder dicht aneinander anschließen. Ich schreibe hierauf mit Tinte einen griechischen Text in den großen antiken Buchstabenformen nach der Richtung der Längsachse über den so umwickelten Stab hinweg. Sie überzeugen sich, daß dieser Text leserlich ist. Nun wickle ich den Riemen ab; und selbst der genialste Philologe kann mit den nun darauf erscheinenden Buchstabenresten nichts anfangen. Aber nun wickle ich diesen Riemen über den Zwillingstab. Sofort schließen sich wieder die Spiralen fest aneinander, und es erscheint der Zusammenhang der Worte so deutlich wie bei dem Originalstab. Das ist das Geheimnis der Skytale!

Mit der Zeit wurden mehr und mehr Methoden, Geheimdepeschen herzustellen, in Griechenland erfunden. Ein alter Militärschriftsteller, der um die Mitte des 4. Jahrh. ein Buch über Städtebelagerung verfaßte, Aeneas Tacticus, hält diesen Gegenstand, der bei Belagerungen natürlich eine große Rolle spielt, für so wichtig, daß er ihm ein großes Kapitel (c. 31) widmet. Er zählt dort 16 verschiedene Sy-

1) Die beiden Hölzer, die ich vorwies, waren zwei Hälften eines gleichmäßig runden Stabes, den ich in der Mitte durchgeschnitten hatte. Auf den gleichförmigen Durchmesser kommt alles an. Mit einem Stab, wie ihn z. B. Birt a. a. O. (S. 72 A. 1) S. 274 abbildet, der sich oben und unten verjüngt, würde das Experiment schwerlich gelingen, da man ganz gleiche Hölzer schwer herstellen und der Anfang des Wickelns ganz genau bestimmt sein müßte, was bei gleichmäßiger Dicke der Zylinder nicht nötig ist. Die Hauptstellen über die Skytale sind Gell. N. A. XVII 9, 6 ff.; Plut. *Lys.* 19. Vgl. Riepl, *Nachrichtenwesen des Altertums* (Lpz. 1913) 313 ff., der Birts Annahme ebenfalls widerlegt. Ich bemerke noch, daß Leder sich besser zu diesem Zwecke eignet als Papyrus (Plutarch), da dieser namentlich in so dünnen Streifen wenig Haltbarkeit besitzt und sich weniger leicht in ein Knäuel gewickelt vor Unberufenen oder Feinden verbergen ließ.



steme von Geheimdepeschen und Chiffreschriften auf, von denen auch heute noch einige in Anwendung sind. So soll z. B. die erste Methode, in einem beliebigen Buche die Geheimdepesche durch Punktieren der dafür geltenden Buchstaben herzustellen, auch heute noch bei heimlich Verlobten vorkommen.¹⁾ Man sendet der Geliebten Schillers Gedichte, und die

punktierten Buchstaben irgendeines Gedichtes geben aneinandergereiht den geheimen Sinn.

Sehr raffiniert ist das von Aeneas in demselben Kapitel beschriebene Verfahren mit dem Buchstabenrade²⁾, das ich an einem kleinen Modell verdeutlichen kann (Abb. 31). Sie sehen hier in eine hölzerne kleine Scheibe 24 Löcher am Rande und einige Löcher auch in die Mitte gebohrt. Die Stellung der Mittellöcher gibt den Anfang der Randlöcher an. Denn das erste Loch am Rande bedeutet den ersten Buchstaben *A*, die Reihenfolge der übrigen 23 Buchstaben,

1) In dem Weltkriege sind die Schmuggelbriefe nach allen möglichen Methoden namentlich im Verkehr der Kriegsgefangenen in Schwung gekommen. Auch die Punktiermethode war sehr beliebt. So lief z. B. ein Brief ein mit folgendem Anfang: „Tous les bons et chers souhaits pour mon petit, petit mari que j'adore et que j'embrasse cinquante mille fois. Homme adoré, comment vas-tu?“ Ganz unmerklich sind einzelne Buchstaben mit Punkten bezeichnet, setzt man sie zusammen, so ergibt sich der schöne Satz: „Les boches ont perdu cinquante mille hommes.“ Die zu Anfang eines Wortes untergesetzten Punkte bedeuten, daß das ganze Wort gelten soll.

2) Aeneas 31, 21, S. 88, 1526 ed. R. Schöne.

die nach rechts um die Peripherie herum folgen, ist dadurch bestimmt. Nun zieht man einen Faden durch die Löcher, welche den Buchstaben der abzusendenden Depeschen entsprechen, indem man, wenn derselbe Buchstabe mehrmals hintereinander vorkommt, den Faden in eins der Mittellöcher steckt und von da wieder in dasselbe Randloch zurückführt. Das Loch genau in der Mitte bleibt zunächst frei. Es ist dazu bestimmt, den Faden jedesmal aufzunehmen, wenn ein Wort zu Ende ist. Nun braucht der Empfänger, der über die Bedeutung der Löcher orientiert ist, nur den Faden zurückzustecken und die Buchstaben dabei aufzuschreiben, indem er von rechts nach links, also verkehrt schreibt und die Wortenden durch Striche markiert. Ist das durchflochtene Rad abgewickelt, so steht die Depesche klar da.

Unter den weiteren Methoden der Chiffreschrift erwähnt Aeneas auch das Punktiersystem, in welchem die Vokale durch Punkte angedeutet werden, und zwar so, daß α einen, ω sieben Punkte erhält. Diese Schrift erinnert an die Art der Phönizier, Juden und Araber, welche in ihrer Schrift die Vokale nicht oder nur durch Striche oder Punkte andeuten, und ist vielleicht aus dem Orient entlehnt. Die Depesche, die Aeneas mitteilt, bezieht sich auf den jüngeren Dionys und seinen General Herakleidas.¹⁾ In Sizilien lag der phönizische Einfluß sehr nahe. Dieses System ist im Mittelalter ziemlich verbreitet gewesen, ehe die raffinierten

1) Sie lautet: *Dionysios geht's übel: Herakleidas soll kommen.* Ich habe die Stelle behandelt in den *Abh. d. Berl. Ak.* 1913 (*Die Entdeckung des Alkohols*) S. 29⁴. Dasselbst habe ich die Fortwirkung dieses Chiffresystems auf das Mittelalter festgestellt. Vgl. über die Geheimschriften des Bonifatius und seiner Zeitgenossen Tangl, *N. Arch. d. Gesellsch. f. ält. deutsche Geschichtsk.* 40 (1916) 724. Ferner Meister, *Anfänge d. mod. dipl. Geheimschrift*, Paderborn 1902.

Chiffresysteme der modernen Diplomatie von Venedig aus in Umlauf gesetzt wurden.

Eine der allerpraktischsten Methoden bei Belagerungen und überhaupt im Kriege, Depeschen von einem Ort zum andern zu befördern, erwähnt Aeneas nicht, die Brieftaubenpost.¹⁾ Und doch hat sie zu seiner Zeit auch in Griechenland existiert. Die schöne Sage von der Taube, die Noah aus der Arche ausschickt, ist ein Anzeichen, daß man diese klugen Tiere schon früh im Orient zur Botschaft verwandte. Der Komiker Pherekrates (Fr. 33) bezeugt die Taubenpost in Griechenland für das 5. Jahrh. v. Chr., und wir hören von einem Ägineten Taurosthenes derselben Zeit, der seinen Sieg in Olympia durch die Taube noch an demselben Tage nach seiner Heimat meldete.

Die Römer haben bei Rennsiegen wie bei Belagerungen (Mutina 43 v. Chr.) die Taubenpost verwendet, und später ist durch die Araber diese im Orient wohl stets übliche Schnellpost besonders ausgebildet worden. Es gab in der römischen Zeit und später vom 12. bis 15. Jahrh. in Vorderasien und Ägypten ganz regulär eingerichtete Taubenposten.

Dies alles ist aber keine eigentliche Telegraphie, d. h. Fernschrift. Diese beginnt und endet mit der Funkentelegraphie. Freilich die Funken, welche die antike Telegraphie benutzte, waren keine elektrischen Wellen, wie sie jetzt von der drahtlosen Telegraphie ausgesandt werden, sondern die Feuerfunken, die von flammenden Holzstößen oder Fackeln in die Nacht hinein leuchteten von Warte zu Warte.

Solche Signale müssen ja schon früh überall selbständig zur Anwendung gekommen sein, wo man die Volksgenossen rasch zur Abwehr von Überfällen sammeln wollte. So schil-

1) Vgl. H. Fischl, *Die Brieftaube im Altertum und im Mittelalter*, Schweinfurt 1909 (Gymn.-Programm).

dert Demosthenes in einer berühmten Episode seiner Kranzrede (§ 169), wie die Athener auf die Nachricht von dem Überfalle Philipps auf Elateia (339) hin die aus Weiden geflochtenen Krambuden des Marktes zu einem lodernden Signalf Feuer benutzten, das vermutlich von der Akropolis aus die waffenfähigen Bewohner Attikas rasch alarmieren sollte. Ähnlich ist die Schweizer Hochwacht eingerichtet, die Graf Fr. Leop. Stolberg¹⁾ anschaulich beschreibt: „Solche Hochwachten sind in der ganzen Schweiz, um allen Eidgenossen Warnung gegen gefürchteten Überfall geben zu können. Sobald ein Feuer erblickt wird, zündet man das nächste an und binnen 24 Stunden ist der Hub eidgenössischer Mannschaft unter Waffen.“

Schon Homer erwähnt die Feuersignale, welche die Bewohner einer umlagerten Stadt nachts aussenden²⁾, das nachhomerische Epos der Nosten wußte von dem falschen Feuersignal des Nauplios zu erzählen³⁾, woraus man auf die Einrichtung solcher Leuchttürme oder Feuerwächter auf den Inseln und Klippen des Ägäischen Meeres schließen darf. Palamedes, der Sohn des Nauplios, gilt den Alten als der Erfinder des Feuersignalwesens. Herodot (9, 3) erwähnt, Mardonios habe nach der Schlacht bei Salamis gehofft, dem geflohenen Könige Xerxes die Nachricht von der Einnahme Athens durch die persischen Landtruppen durch die Feuerpost (πυρροῖσι) über die Inseln hinüber (διὰ νηΐων) nach Asien melden zu können. Daraus geht doch hervor, daß solche Einrichtungen wenigstens in Asien be-

1) *Reisen in Deutschland* I (1794) 109.

2) *Ilias* 18, 211 (πυρροί). Vgl. über das Folgende H. Fischl, *Fernsprech- und Meldewesen im Altertum*, Schweinfurt 1904 (Gymn.-Programm); Riepl, *Nachrichtenwesen* S. 47 ff. Thiersch, *Gr. Leuchtf Feuer*, *Jahrb. d. K. Arch. Inst.* 30 (1915) 216 ff.

3) S. oben S. 62.

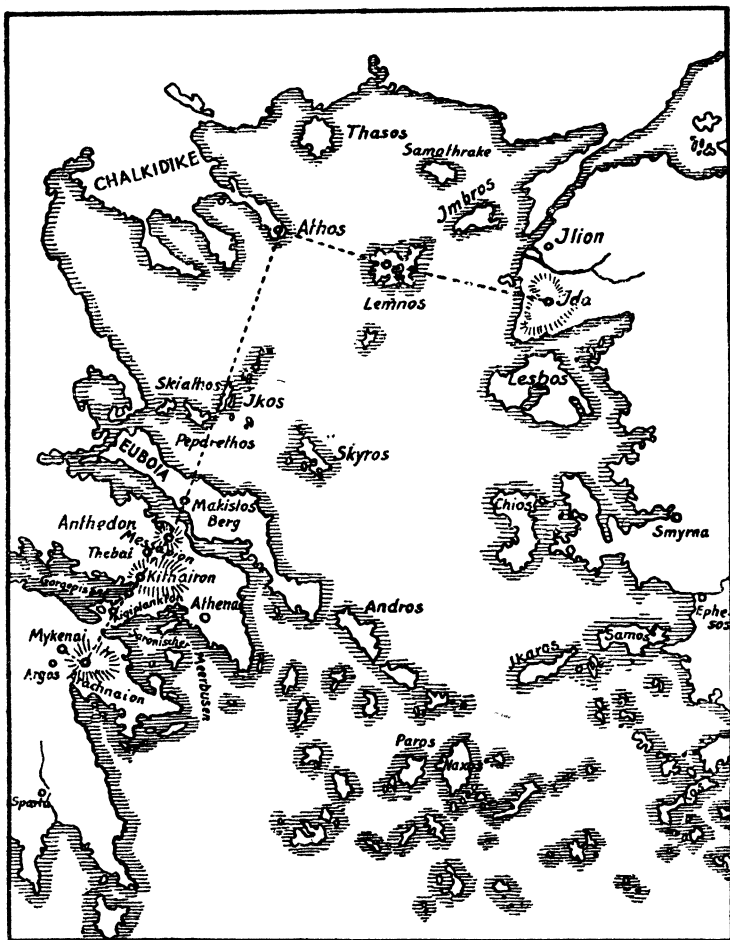


Abb. 32. Feuerpost im Agamemnon des Aischylos.

standen haben.¹⁾ Aber auch die Inselgriechen unterhielten im Persischen Kriege solche Feuerwarten, wie Herodot

1) Daher hat C. Fries (*Klio* III 169. IV 117) wohl mit Recht diese Feuerpost auf babylonische Einrichtungen, die in den Maqlûtexten angedeutet sind, zurückgeführt.

(7, 182) erwähnt, daß die Hellenen beim Artemision an der Nordspitze von Euböa von der gegenüberliegenden Insel Skiathos die Feuerdepeschen erhielten, daß zwei griechische Schiffe von den Persern genommen worden seien (*παρὰ πυρσῶν ἐκ Σκιάθου*).

Die deutlichste Schilderung der im 5. Jahrh. in Griechenland bestehenden Feuerpost gewinnen wir aus dem Drama Agamemnon des Aischylos (458 v. Chr.). Es ist undenkbar, daß der Dichter derartiges frei erfunden hätte, wenn eine solche Feuertelegraphie nicht wenigstens zuzeiten dort eingerichtet gewesen wäre (Abb. 32). Der Chorführer fragt Klytaimnestra, wann Troja gefallen sei. Darauf antwortet die Fürstin:

In heutiger Nacht geschah's, die diesen Tag gebär.

Chorführer.

Und welcher Bote lief mit solcher Schnelligkeit?

Klytaimnestra.

Hephaistos, der vom Ida hellen Schein gesandt!

Die Feuerpost gab Loh' um Lohe weiter bis

Zu uns. Der Ida sandte sie zum Hermesberg

Auf Lemnos. Und der Athosberg, der Sitz des Zeus,

Nahm dann zum dritten auf das lodernde Fanal.

Dann reckte sich die Wanderfackel riesengroß

Und überspringend wie zum Scherz das weite Meer

Entsandte sie den sonnenhellen Fackelschein

Zu den Höhn Euboiias, wo Makistos Wache steht.

Der war kein fauler, schlafversunkner Knecht,

Nein, eilends gab er weiter diese Flammenpost.

So meldet' er sie fürder zum Messaperberg

Den Wächtern über den Euripos und hinauf.

Die gaben feuriges Echo: dürres Heidekraut

Entflammten sie zuhauf, ein loderndes Signal.

Da flog der blitzenden Fackel unermattet Licht

Hinüber in die Ebene des Asopos, wo

Wie Vollmondschein es an Kithärons Felsenwand

Den neuentflammten Feuerstoß entzündete.

Da hemmte nicht des Berges immer wache Hut

Dem fernher abgesandten Boten seinen Lauf:

Rasch über den Gorgopissee hinüber warf

Sie bis zum Geißberg weiter seinen Flammenschein
 Und trieb die Wacht auch dorten an zum Feuertienst.
 Sie spendet Holz im Überfluß. Die Lohe schlägt
 Wie eine Riesensäule himmelwärts und hüllt
 Den Golf von Saron ein in Feuersglut.
 Jetzt seine Klippen überspringend trifft sie rasch
 Als letzte Post den nachbarlichen Spinnenberg
 Und, endlich landend, unser königliches Schloß:
 Des Idafeuers ahnenreiches Enkelkind.
 So war die Ordnung meiner Fackelläuferschar,
 So lief die Flammenbotschaft rasch von Hand zu Hand:
 Der erste wie der letzte hat am Siege teil.
 Dies ist die Bürgschaft und das Pfand der Freudenpost,
 Die heute mir von Troja sandte mein Gemahl.

So grandios poetisch dieser älteste Funkenspruch gefaßt ist, der die Siegesbotschaft von Troja vom Berge Ida über die Insel Lemnos hinüber nach dem Athos, dann südlich über Euböia nach Böotien und dem Kithairon, dann von da über den Isthmos (Aigiplankton, d. i. Geißberg) zum Spinnenberg (Arachnaion) bei Epidauros und zuletzt zum Schloß von Mykene meldete, so wenig darf er als buchstäbliche Wahrheit in Anspruch genommen werden. Genaue Rechner haben ermittelt¹⁾, daß Entfernungen von 180 km, die sich in diesem Telegraphensystem finden (Athos-Makistos auf Euböia), schwerlich ein Signalisieren mit Feuerzeichen gestatten. In Wirklichkeit müßte hier wenigstens eine Zwischenstation eingeschaltet werden. Trotzdem dürfen wir annehmen, daß keine dieser Stationen ohne Anhalt an bestehende oder früher einmal vorhandene Signaleinrichtungen gewählt ist.

Aber diese Funkentelegraphie hat doch einen großen

1) Riepl a. a. O. S. 51. Freilich die Dichterphantasie überbrückt noch andere Entfernungen. In der wunderlichen Totenklage des Kallimachos auf Arsinoë V. 42 ff. fliegt Charis auf Geheiß der vergöttlichten Philotera, Schwester der Verstorbenen, von Lemnos nach dem Athos und erblickt von dem Gipfel den Rauch des Scheiterhaufens, der in Alexandria der Arsinoë errichtet wird. S. Wilamowitz, *Berl. Sitz.-Ber.* 1912, 530 ff.

Mangel. Man kann nur eine vorher fest verabredete Depesche absenden. Und wenn auch vielleicht durch Vereinbarung gewisser Signale wie in dem von Herodot berichteten Falle eine genauere Meldung möglich gewesen sein muß, so ließ sich ein Telegraphieren in unserem Sinne mit der einfachen Fackelpost nicht bewerkstelligen. Da berichtet nun der erwähnte Taktiker Aeneas in einem bei Polybios¹⁾ erhaltenen Fragmente von einem sinnreichen Apparate, den man Wasser-telegraphen nennen könnte. Er beschreibt ihn so (Abb. 33): „Wenn man sich durch Feuersignale dringende Mitteilungen zugehen lassen will, so muß man sich zwei Tongefäße gleicher Breite und Tiefe verschaffen. Die Tiefe muß etwa drei Ellen ($1\frac{1}{8}$ m), die Breite eine Elle (44 cm) betragen. Dann muß man Korkstücke zuschneiden, die etwas geringere Breite besitzen als die Weiten der beiden Tonzylinder. In die Kork befestigt man Stäbe, die in Abständen von drei Zoll (5,5 cm) Teillinien eingeschnitten haben. Dadurch werden auf jedem Stabe 24 Felder abgegrenzt. In diese Felder trägt man die im Kriegsfall üblichsten Vorkommnisse ein, z. B. Inschrift des 1. Feldes: ‚Reiter sind ins Land eingefallen‘; 2. ‚Schweres Fußvolk‘ usw.; 3. ‚Leichtbewaffnete‘ usw.; ferner Schiffe, Proviant, bis man die wahrscheinlichsten, im voraus berechenbaren Ereignisse auf den 24 Feldern dargestellt hat. Die beiden Stäbe müssen

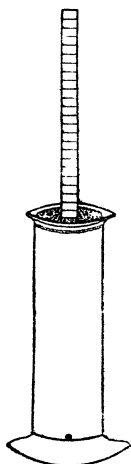


Abb. 33.
Wasser-
telegraph.

1) 10, 44. Aus Aeneas schöpft auch, Philon, *Mech. Synt.* V p. 90, 28ff., dessen Maße genau stimmen. Denn wie mir Schramm mitteilte, ist r in der Formel $r^2 \pi h = 160 \text{ L(iter)} = \sqrt{\frac{160}{3 \cdot 13,3}} = 2$; also ist $d = 4 \text{ dm}$ (40 cm). Rechnet man dazu noch die Wandstärke des Gefäßes, so kommt die oben erwähnte Breite von 44 cm genau heraus.

natürlich ganz gleich abgeteilt und beschriftet sein. Dann muß man die beiden Tonzylinder mit Abflußlöchern am Boden versehen, die natürlich beide denselben Durchmesser und dieselbe Lage haben müssen. Nun verstopft man die Gefäße, füllt sie mit Wasser bis zum Rande und setzt die Korke mit den markierten Stäben als Schwimmer auf. Jetzt sind die Apparate fertig zum Telegraphieren. Der eine bleibt bei der Aufgabestation, der andere wird der Empfangsstation übergeben.

Tritt nun einer der vorgemerkten Vorfälle ein, so wird zunächst nachts an der Aufgabestation ein Fackelsignal gegeben. Die Empfangsstation meldet ihr Bereitsein durch ein entsprechendes Fackelsignal. Die Fackeln sind also in diesem Augenblick beide hoch. Nun senkt die Aufgabestation die Fackel. Dies ist das verabredete Zeichen, daß das Loch des Tonzylinders geöffnet und das Wasser langsam zum Ablauf gebracht wird. Sobald die Empfangsstation jenes Senken der Fackel drüben bemerkt hat, wird der Stopfen aus dem diesseitigen Gefäß herausgezogen. Auch hier fließt nun das Wasser ebenso langsam aus wie drüben. Indem sich jetzt gleichmäßig der Wasserspiegel der beiden Gefäße senkt, sinken auch die beiden Korkschwimmer gleichmäßig, und die Stäbe tauchen ebenso in die Gefäße ein. Steht nun die Aufschrift, welche die Depesche enthält, mit dem Rand des Gefäßes gleich, dann hebt die Aufgabestation wieder die Fackel in die Höhe. Dies Signal bedeutet: Loch zustopfen! Die Empfangsstation sieht dann sofort nach, welche Aufschrift über dem Rande sichtbar ist. Diese stellt die übermittelte Depesche dar.“

Polybios hat an diesem sinnreichen Systeme auszusetzen, daß die Zahl der möglichen Fälle zu beschränkt, und vor allem, daß keine näheren Zahlenangaben gemacht werden

können. Man wolle doch nicht bloß wissen, daß Reiter ins Land gefallen seien, sondern auch, wie viele.

Ich vermute nun, daß diese berechtigten Ausstellungen wohl den Apparat treffen, den Aeneas beschreibt¹⁾, aber nicht die Originalerfindung. Denn da sich aus den angegebenen Maßen berechnen läßt, daß gerade 24 Felder abgeteilt werden sollen, so vermute ich, daß der Erfinder beabsichtigte, einen alphabetischen Telegraphen herzustellen. Das griechische Alphabet, wie es damals üblich war, hatte 24 Buchstaben.²⁾ Nicht 24 Vorkommnisse, sondern alle möglichen Meldungen sollten wohl durch die 24 Buchstabenfelder telegraphiert werden. Freilich, dies war etwas umständlich. Denn wenn die Buchstaben nicht hintereinander lagen, mußte durch ein verabredetes Signal bei jedem Buchstaben frisches Füllen kommandiert werden. Aber selbst wenn jeder Buchstabe einzeln mit einer Füllung telegraphiert wurde, konnte man in der Stunde bequem 20 Buchstaben mitteilen, in der ganzen Nacht also eine Fülle von Nachrichten übermitteln.

1) Hierin stimme ich mit Riepl überein, S. 68.

2) Ich will nicht verschweigen, daß mir neuerdings ein anderer Ursprung der Einteilung in die 24 Felder in den Sinn gekommen ist. Die Wasseruhren, die in der alexandrinischen Zeit von Ktesibios an konstruiert werden, sind mit einem mit Schwimmer versehenen Lineal versehen, das in das abfließende Wasser verschieden tief eintaucht. Vgl. Max C. P. Schmidt, *Kulturhist. Beitr.* II (Lpz. 1912) 47 ff. Da Heron (I 456 ed. W. Schmidt) einen Tag und Nacht (*νυχθημερον*) tätigen Apparat beschreibt, so wird es im Altertum auch solche auf 24 Stunden eingerichtete, zu astronomischen Beobachtungen geeignete Wasseruhren gegeben haben, bei denen das in 24 Felder eingeteilte Lineal bei sinkendem Wasser die Stunden angab. Es hindert nichts, dergleichen einfache Apparate bereits für die Astronomie des 5. Jahrh. v. Chr. vorauszusetzen, obgleich darüber nichts berichtet wird. Ein arabisches Werk des Schams al Din († 1494) enthält Beschreibungen und Abbilder solcher Wasseruhren, ebenso die arabisch erhaltene und von Eilh. Wiedemann und F. Hauser in deutscher Übersetzung und Rekonstruktion herausgegebene *Uhr des Archimedes* in den *Nova Acta der K. Leop. Carol. d. Ak. d. Naturf.* CIII 2 (Halle 1918) S. 173.

Aeneas spricht nur von Nachtsignalen. Es leuchtet aber ein, daß man mit Flaggsignalen auch am Tage diese Apparate benutzen konnte. Aber freilich, dieses Depeschieren war etwas langweilig und erforderte die äußerste Sorgfalt der Mannschaften. Ein praktischer Militär, wie Aeneas oder der Vorgänger, dem er dieses System entlehnt, hat durch die fertigen Aufschriften auf den 24 Feldern den Apparat für die gewöhnliche Praxis handlicher gemacht. Und zwar läßt sich der Ursprung dieser kürzeren Methode über Aeneas um ein Menschenalter zurückverfolgen. Aeneas schrieb zwischen 360—346. Das kürzere System aber stammt aus der Zeit des Dionys des Älteren, der von 410—367 in Sizilien herrschte, und rührt von den Karthagern her.

Ein später Kriegsschriftsteller Polyainos (VI 16, 2) berichtet, die Karthager hätten im Kriege mit Dionys zwei gleich große (gläserne) Klepsydr¹⁾ gehabt, die mit gleichmäßig angebrachten, um die Gefäße laufenden Ringen versehen gewesen seien. Auf diesen Ringen standen verschiedene Kommandos, z. B. „Kriegsschiffe herbei“, oder „Lastschiffe“, oder „Geld fehlt“ oder „Maschinen“. Die eine Wasseruhr behielten die Karthager in Sizilien, die andere schickten sie nach Karthago. Nun sei mit Fackelsignalen, ähnlich wie bei den früher beschriebenen Apparaten, das Auslaufen des Wassers und das Anhalten an einem bestimmten Ringe reguliert worden.

Nun ist freilich zu bemerken, daß man von Sizilien nicht direkt mit Fackeln auf eine Distanz von 225 Kilometern Signale geben kann. Man müßte also eine Zwischenstation (etwa die Insel Kossyra) eingeschaltet haben. Aber auch

1) Über diese Wasseruhren handelt das letzte Kapitel. Der lückenhafte Text ist p. 213, 13 Melber so zu ergänzen: *ἢν ἴδωσιν ἀρθέντα πυρρὸν παρ' αὐτῶν, <ἀφιέναι ἐκρεῖν τὸ ὕδωρ, εἰτ' > ἀποσκοπεῖν, ὅταν ὁ δεύτερος ἀναδειχθῇ πυρρὸς, <ἐπὶ > πόλον κύκλον τοῦτο συμβήσεται.*

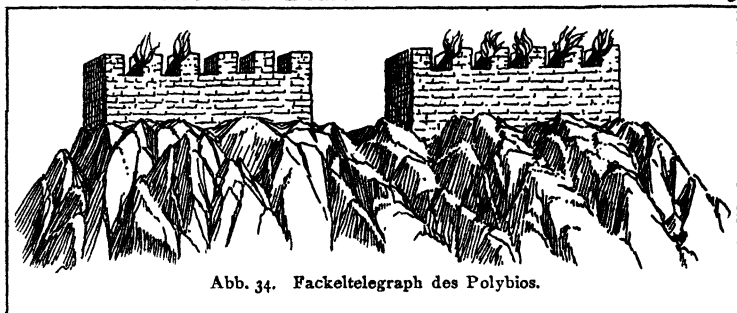


Abb. 34. Fackeltelegraph des Polybios.

dann ist die Entfernung noch groß. Vielleicht ist der Apparat gar nicht zwischen Afrika und Sizilien, wie Polyän angibt, sondern zwischen einzelnen Stellen auf Sizilien in Tätigkeit gewesen.¹⁾

Ich habe den hypothetischen alphabetischen Telegraphen mit den 24 Feldern, ich habe den karthagischen Klepsydratelegraphen, ich habe endlich den Wasserapparat des Aeneas erwähnt, der wie ein Kompromiß der beiden vorigen Systeme erscheint. Nun muß ich noch zeigen, was die Glanzepoche antiker Technik diesen Erfindungen hinzugefügt hat. Glücklicherweise hat uns der berühmte Historiker und Stratege Polybios (10, 45) einen von den alexandrini-schen Ingenieuren Kleoxenos und Demokleitos erfundenen, von ihm selbst aber verbesserten Signalelegraphen genau beschrieben (Abb. 35). Die Aufgabe- wie die Empfangsstation ist nur für Nachtdienst eingerichtet. Und zwar sind auf jeder Station in gehöriger Entfernung je zwei gezinnte Mauern errichtet. Jede dieser Mauern hat in zwei

1) Polyainos (er schrieb 162 n. Chr.) ist ein sehr gedankenloser Kompilator. Aber wie leichtgläubig man damals in solchen Dingen war, zeigt der ältere Plinius, der doch eine römische Flotte kommandierte, wenn er nach Varro in seiner Naturgeschichte (VII 85) von einem gewissen Strabon berichtete, er sei so weitsichtig gewesen, daß er zur Zeit des Punischen Krieges von Lilybäum aus die Zahl der aus dem Hafen von Karthago ausfahrenden Schiffe hätte angeben können!

Fuß Abstand fünf Lücken, in welchen Fackeln ausgelegt und der Station gegenüber signalisiert werden können. Ferner besitzt jede Station einen Chiffreschlüssel, der die 24 Buchstaben des Alphabetes in folgender Anordnung enthält:

Tafel	I	$\alpha - \varepsilon$
„	II	$\xi - \kappa$
„	III	$\lambda - o$
„	IV	$\pi - \upsilon$
„	V	$\varphi - \omega$.

Nun wird so telegraphiert. Es sei z. B. folgende Depesche aufzugeben: „Kreter 100 desertiert.“

Zuerst wird der Buchstabe *K* depeschiert. *K* befindet sich auf der zweiten Tafel. Also werden auf der linken Mauer, welche für die Tafeln bestimmt ist, zwei Fackeln in die Lücken gelegt. Die Empfangsstation notiert dies. Dann werden auf der rechten Mauer fünf Fackeln ausgelegt. Denn *K* ist der fünfte Buchstabe der zweiten Tafel. Die rechte Mauer bedeutet die Reihenfolge der einzelnen Buchstaben innerhalb einer der fünf durch die linke Mauer signalisierten Gruppen.

Die Empfangsstation notiert also Tafel II, Buchstabe 5, d. i. *K*. So geht's weiter *R*, *E*, *T*, *E*, *R* usf. Dieses System enthält deutlich den Keim unserer heutigen Telegraphie. Wie weit Polybios und seine alexandrinischen Vorgänger etwa durch das von mir rekonstruierte Signalsystem der 24 Buchstaben beeinflusst waren, ist zweifelhaft. Vielleicht war jene alte Erfindung, da sie nicht in die Praxis eindrang, wie so viele derartige Ideen, in Vergessenheit geraten.¹⁾

1) Riepl S. 93: „Was Polybios hier beschreibt, ist nichts anderes als das Wesen unserer heutigen Telegraphie. Kleoxenos und Demokleitos sind die Erfinder der Telegraphie, Polybios gebührt der Ruhm ihrer ersten Verbesserung, von der wir allerdings nicht wissen, worin sie bestand. Alle(?)

Man bemerkt leicht, daß dieses System sehr kompliziert ist, und Polybios sieht selbst diesen Einwurf voraus. Aber, meint er, das gewöhnliche Leben ist auch anfangs recht kompliziert, bis man sich gewöhnt hat.

Man hat ausgerechnet, daß die obige Depesche „100 Kreter desertiert“ 173 Fackelzeichen erfordere, und daß dies in einer halben Stunde ausgeführt werden könne. Bei genügender Besetzung ließe sich gewiß diese Zeit noch erheblich vermindern.¹⁾ Aber wenn wir auch das Höchstmaß annehmen, so ist dieser Zeitaufwand keineswegs der Grund gewesen, warum das System des Polybios sich nicht praktisch durchgesetzt hat. Vielmehr ist der Hauptgrund die geringe Reichweite der Fackelzeichengebung. Die einzelnen Fackeln können wegen der Irradiation nur auf etwa 2000 Fuß deutlich voneinander geschieden werden. Eine Verbesserung dieses Systems ließe sich also dadurch bewirken, daß man, wie Fischl²⁾ vorschlägt, nur eine Fackel anwendet und durch Heben und Senken der Fackel hinter der Mauer zuerst zwei, dann fünf Signale hintereinander gibt. Dann würde aber, um keine Verwechslung hervorzu-rufen, das Tempo sehr verlangsamt werden müssen.

Auf alle Fälle bedurfte man im Altertum bei diesen optischen Telegraphen einer Menge von Zwischenstationen. Nehmen wir den Abstand der Stationen voneinander auf einen Kilometer an, was schon sehr viel ist, so brauchte

Vorgänger des Polybios hatten sich, und zwar größtenteils vergebens, damit abgequält, bestenfalls etwa ein halbes Dutzend vorausgesehener und voraus verabreiteter Mitteilungen durch Zeichen zu übermitteln, Polybios vermochte mit seiner Methode durch Zeichen jede beliebige, auch unvorhergesehene Begebenheit, Tatsache, Weisung oder überhaupt Ideenassoziation, welche sich durch die Sprache und Schrift ausdrücken läßt, auf jede beliebige Entfernung zu übermitteln.“

1) S. Riepl a. a. O. S. 105 gegen Pachtler, *Das Telegraphieren der alten Völker*, Innsbruck 1867 (Feldkircher Progr.).

2) S. 76 Anm. 1.

man bei einer Entfernung von Wien bis zum Semmering mehr als 100 Stationen. Dieses Relaisystem erschien den Alten zu umständlich und kostspielig. So hatte die Erfindung keinen praktischen Erfolg. Auch die Verbesserung des Polybianischen Apparates durch einen ungenannten Römer, über welche uns Julius Africanus berichtet¹⁾ (sie nähert sich im Prinzip dem Fischlschen Vorschlag), hat offenbar keine praktische Anwendung gefunden.

Ein Deutscher Vegelin von Clärberg, *aulae praefectus* in Nassau, hat 1659 ein ähnliches System vermutlich in Anlehnung an das Polybianische ausgedacht²⁾, aber er hat dabei das Fernrohr benutzt, das ja damals bereits erfunden war, und hat das System für den Tagesdienst eingerichtet.

Vegetius, ein Schriftsteller der römischen Zeit, erwähnt (*de re militari* III 5) ganz kurz eine Telegraphie durch Balken, die auf Türmen in die Höhe gerichtet oder gesenkt werden. Dieses System ist dann in der neueren Zeit weiter ausgebaut worden. Claude Chappe hat seine Erfindung des optischen Telegraphen am 22. März 1792 dem Nationalkonvent vorgelegt, und die erste praktikable Telegraphenlinie ist 1793 von Paris an die Grenze nach Lille eingerichtet worden. 20 Stationen wurden eingeschaltet, jedes Zeichen brauchte sechs Minuten zur Übermittlung. Dieses und ähnliche Systeme sind dann im Anfang des vorigen Jahrhunderts auch in Deutschland eingerichtet worden. Noch 1832 ist eine optische Linie Berlin—Köln—Trier eröffnet worden. Aber die Erfindungen der Deutschen Sömmering 1808, Gauß und Weber 1833 und Steinheil 1837 haben die elektrische Telegraphie ermöglicht, die aus der Antike das alphabetische System

1) In den *Ksotol* c. 77. Die Echtheit des Exzerptes ist bestritten. Es beruht aber auf guten Quellen.

2) Das Nähere bei Pachtler und Riepl a. a. O. 112.

adoptiert, aber die Fackeln durch den elektrischen Funken ersetzt hat.

Daß trotzdem das alte System des optischen Telegraphen nicht zu entbehren ist, zeigt folgender Bericht der Frankfurter Zeitung¹⁾:

„Die großen Gefechtsräume, mit denen wir in Zukunft aus Rücksicht auf die gesteigerte Feuerwirkung der Waffen zu rechnen haben, erfordern eine zuverlässige Verbindung zwischen Führer und Truppe. Die hierzu vorhandenen technischen Hilfsmittel, wie die Drahttelegraphie, der Fernsprecher und die Funkentelegraphie können zeit- und stellenweise unter dem Einfluß des Gegners, des Geländes, der Witterung versagen oder unbrauchbar werden. Deshalb werden auch optische Verbindungsmittel verwendet, die sich dadurch auszeichnen, daß sie vom Zwischengelände unabhängig und der Einwirkung des Gegners weniger ausgesetzt sind. Sie ermöglichen daher vor allem den Verkehr über ungangbares Terrain. Wenn solche Hilfsmittel aber als Ersatz für die Drahtverbindungen oder die Funkentelegraphie dienen sollen, müssen sie sehr leistungsfähig sein. Die für den Truppengebrauch eingeführten Winkerflaggen genügen zwar auf kürzere Entfernungen und unter günstigen Verhältnissen, für größere Verhältnisse ist aber ein Signalgerät erforderlich, das auch bei großer Reichweite einen zuverlässigen Verkehr ermöglicht. Heliographen sind vom Stand der Sonne und vom Wetter abhängig und nur bei Sonnenschein verwendbar. Optische Signalapparate mit künstlichem Licht sind zwar auch von der Größe und Stärke der Lichtquelle abhängig, sind aber zuverlässiger. Die Firma Zeiß hat nun einen sehr leistungsfähigen Apparat hergestellt, der sich durch eine

1) 26. Aug. 1912, Nr. 236, S. 2 (II Morgenbl.): *Ein neues optisches Signalgerät.*

äußerst intensive Lichtquelle auszeichnet, so daß bei Tag eine Reichweite von 25 Kilometern, bei Nacht von 75 Kilometern erzielt werden kann und die Zeichen bei mittleren Luftverhältnissen mit freiem Auge gut zu sehen sind. Die Eigenart des Apparates besteht darin, daß die Lichtquelle durch Erhitzen eines auf dem Brenner der Lampe befindlichen Glühkörpers mit einer Azetylen-Sauerstofflampe erzielt wird. . . . Zur Zeichengebung dient eine sehr einfache, im Innern der Lampe zwischen Lichtquelle und Hohlspiegel angebrachte Blendvorrichtung, die mit einem Morsetaster in Verbindung steht. Das genaue Einstellen des Apparates auf die Gegenstation wird durch ein eigenes Prismenfernrohr ermöglicht.“

Diese Einrichtung hat sich in dem Weltkriege bei unsern Truppen durchaus bewährt, ja man hat sie gegen Ende desselben durch weitere Erfindungen, die geheim gehalten werden, besonders erfolgreich zu entwickeln verstanden. So knüpft Allerneuestes an allerfernste Vergangenheit merkwürdig an und lehrt die Einheit der menschlichen Kultur-entwicklung, die wohl zeitweilig unterbrochen, aber nie ganz ausgetilgt werden kann.

V

DIE ANTIKE ARTILLERIE

Über die Leistungen der Artillerie im Altertum sind wir zum Teil durch die antiken Historiker, zum andern durch die antiken Ingenieure unterrichtet, deren Werke auf uns gekommen sind. Die hauptsächlichsten unter diesen sind die schon bei den Automaten erwähnten Mechaniker Philon und Heron, deren Texte zwar teilweise durch Abbildungen verdeutlicht, aber trotzdem sehr schwierig zu verstehen sind. Sprachkenntnis und Sachverständnis müssen sich da die Hand reichen. So haben sich, um diese antiken Geschütze zu rekonstruieren, im vorigen Jahrhundert dreimal Philologen und Offiziere vereinigt, und endlich ist es gelungen, praktische Modelle herzustellen, die zeigen, was diese Kriegsmaschinen der Alten leisten konnten. Das erste Paar, das sich zu dieser Arbeit vereinigte, war der Philologe Köchly und der Artillerieoffizier Rüstow, welche die griechischen Kriegsschriftsteller mit deutscher Übersetzung 1853—1855 herausgaben.¹⁾ Als erster Anfang war diese Leistung sehr aner kennens wert, allein beide hatten viel zu rasch und mit ungenügenden Hilfsmitteln gearbeitet, so daß das durch die gemeinsame Arbeit der beiden Gelehrten hergestellte Buch jetzt nicht mehr allen Ansprüchen genügen kann. Ein Rekonstruktionsversuch, den sie der Heidelberger Philologenversammlung 1865 praktisch vorführten, fiel nicht sonderlich günstig aus. Dann nahm Napoleon III. die Sache in die Hand. Seine ausgezeichneten Ar-

1) H. Köchly und W. Rüstow, *Gr. Kriegsschriftsteller*, Gr. u. Deutsch I. II. 1. 2, Leipzig 1853—1855.

beiten über Cäsar führten ihn auch auf die antike Artillerie. Er beauftragte den elsässischen Philologen Wescher¹⁾ und den General de Reffye, die antiken Texte zu bearbeiten und die Modelle der Geschütze zu rekonstruieren. Leider arbeiteten beide, die sehr eigensinnig waren, nicht gut zusammen. So sind die großen Geschützmodelle, die noch heute im Museum St. Germain aufgestellt sind, wenig mehr als moderne Phantasiekonstruktionen. Endlich hat im Jahre 1903 ein sächsischer Artillerieoffizier, der jetzige Generalleutnant z. D. Dr. phil. E. Schramm in Dresden, die Rekonstruktion der hauptsächlichen antiken Geschütze auf Grund der antiken Quellenschriften unternommen, wobei er seit 1904 von meinem verstorbenen Freunde Prof. Dr. Rudolf Schneider philologisch beraten wurde. Diese vom preußischen Abgeordnetenhaus und von der Gesellschaft für lothringische Geschichte in Metz mit bedeutenden Summen unterstützten Versuche hatten vollen Erfolg. Schon 1904 konnte Schramm dem Deutschen Kaiser, der sich lebhaft für diese Fragen interessierte, drei Wurfmaschinen in Metz vorführen, die den antiken Berichten in ihrer Wirkung gleichkommen und jedenfalls die bis jetzt beste Rekonstruktion der antiken Artillerie darstellen. Diese Originalgeschütze Schramms stehen jetzt auf 10 vermehrt im Saalburgmuseum zu Homburg und einige verkleinerte Modelle derselben im Berliner Zeughaus.²⁾ Seitdem hat Schramm auch die Überreste eines 1912 in Ampurias, dem alten Em-

1) C. Wescher, *Poliorettique des Grecs*, Paris 1867.

2) Die neuere Literatur verzeichnet das diesen Gegenstand zusammenfassend behandelnde Buch von E. Schramm, *Die antiken Geschütze der Saalburg*, Berlin 1918, S. 86–88. (Mit 38 Textbildern und 11 farbigen Tafeln.) Dazu kommen noch: Herons Belopoiika, griech. und deutsch von H. Diels und E. Schramm, *Abh. d. Pr. Ak. d. Wiss.* 1918, *phil.-hist. Kl.* n. 2 (Berlin 1918). Philons Belopoiika, griech. u. deutsch von H. Diels und E. Schramm, *Abh. d. Pr. Ak. d. Wiss.* 1918, *phil.-hist. Kl.* n. 16 (Berlin 1919).

porium, in Spanien gefundenen Geschützes an Ort und Stelle untersucht und danach auch dieses Modell für die Sammlung der Saalburg rekonstruiert.

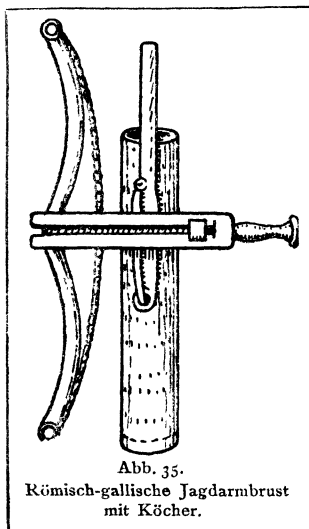
Überreste antiker Geschütze haben sich nur vereinzelt gefunden, was natürlich ist, da sie hauptsächlich aus Holz konstruiert wurden. Besser kennen wir deren Geschosse, die Kugeln. Man hat deren viele gefunden.¹⁾ Die interessantesten sind die von Schulten²⁾ bei seiner Ausgrabung in Numantia in Spanien gefundenen Stücke, die bei der heldenmütigen Verteidigung dieser Stadt im Jahre 133 v. Chr. gegen den jüngeren Scipio in die Stadt geflogen sind. Sie sind aus Sandstein und haben ein Gewicht von drei bis zehn Pfund. Auch Pfeilspitzen haben sich gefunden, welche gestatteten, die mit den Geschützen verschossenen Wurf Pfeile zu rekonstruieren. Dann halfen griechische und römische Reliefs, z. B. von dem Altar von Pergamon und der Trajanssäule, die Abbildungen der Handschriften und vor allem die sehr eingehenden Beschreibungen der Historiker und Poliorketiker (Kriegsschriftsteller) dazu, eine genauere Nachbildung der Geschütze zu ermöglichen.

Früher schrieb man die Erfindung der Artillerie den Juden zu, weil es in den Büchern Chronika II 26, 15 von dem König Usia (8. Jahrh. v. Chr.) heißt: „Er machte zu Jerusalem Künste³⁾. Die kamen auf die Türme und Mauerecken, um mit Pfeilen und großen Steinen zu schießen.“ Allein dieser Bericht der Bibel ist unglaubwürdig. Der Verfasser

1) Vgl. B. Rathgen, *Die Punischen Geschosse des Arsenal von Karthago und die Geschosse von Lambaesis*, Z. f. Hist. Waffenk. V 236ff. Forrer, *Röm. Geschützkugeln aus Straßburg i. Els.*, ebenda VII 243.

2) Schulten, *Ausgrab. in Numantia*, Jahrb. d. D. Arch. Inst. 1907, Beibl. I 16. 34; 1909, Beibl. IV 493.

3) תְּשֻׁבֹתוֹ (artes) übersetzt Luther falsch: *machte Brustwehren künstlich*. Es sind vielmehr Kriegsmaschinen gemeint. Das Wort Artillerie kommt von artes, wie Ingenieur von ingenium (mittelalt. = Maschine).



lebte etwa um das Jahr 300 v. Chr. und übertrug die damaligen Verhältnisse der hellenistischen Epoche auf die Vorzeit.¹⁾ In Wirklichkeit ist die Artillerie, wie Diodor²⁾ glaubwürdig berichtet, um das Jahr 400 v. Chr. in Syrakus erfunden worden, und der geniale und tatkräftige Fürst, dem wir diese Neuerung zu verdanken haben, ist Dionys der Ältere, der die besten Ingenieure aus ganz Griechenland und Italien herbeirief, um zum Angriff und zur Abwehr geeignete Geschütze zu konstruieren.³⁾

Die antiken Geschütze haben sich aus der Urwaffe der Menschheit entwickelt, dem Bogen, dessen Erfindung in die ältesten Zeiten zurückreicht.⁴⁾ Auch Homer beschreibt den berühmten hörnernen Bogen des Pandaros in der Ilias⁵⁾, und der Bogenschütze Herakles ist der Nationalheros der Hellenen. Besonders wirksam gebaute Bogen wie der des

1) Die für Wurfmaschinen der Juden um 445 v. Chr. angeführte Stelle des Buches Nehemia 4, 7 fällt weg, da die Lesart, die diesen Sinn ergibt, auf einer inhaltlich wie paläographisch unmöglichen modernen Konjektur des verderbten Urtextes beruht.

2) 14, 42 τὸ καταπελτικὸν εὐρέθη κατὰ τοῦτον τὸν καιρὸν ἐν Συρακούσαις.

3) S. oben S. 20 ff.

4) Schaumberg, *Bogen- und Bogenschütze bei den Griechen*, Erl. Diss. Nürnberg 1910 (leider ohne Abbildungen). Über den Bau des einfachen, des zusammengesetzten und des homerischen Hornbogens vgl. v. Luschan, *Über den antiken Bogen* in der *Festschr. f. Otto Benndorf* 189; P. Reimer, *Der Pfeilbogen, Prometheus* 19 (1905) 117; Bulanda, *Bogen und Pfeil*, Wien 1913 (*Abh. d. arch. Sem. d. Un. Wien* 15 N. F. 2 H).

5) 4, 105 ff.

Philoktet und des Odysseus sind im Heldenlied berühmt. Wir wissen aus der Odyssee, welche Kraft dazu gehörte, die starken Bogen solcher Helden zu spannen. Um daher auch gewöhnlichen Sterblichen das Spannen und Abschießen stärkerer Bogen zu ermöglichen, verfiel man zunächst auf die Armbrust, die Sie aus dem Spielzeug unserer Knaben in ihrer einfachen Konstruktion kennen. Eine solche Armbrust hat man sicher in römischer Zeit, vermutlich aber auch schon früher in Griechenland als Übergang vom Bogen zu komplizierteren Gewehren gehabt. Doch schweigen die Kriegsschriftsteller von diesem primitiven Instrument. Uns selbst ist die antike Armbrust nur aus zwei in der Umgegend von Le Puy in Frankreich gefundenen und im dortigen Musée Crozatier aufbewahrten Reliefs bekannt.¹⁾ Wie die Abb. 35 zeigt, entspricht die einfache Konstruktion durchaus unserm Knabenspielzeug. Sie sehen da in der Mitte eine ausgehöhlte Rinne, in welche der Pfeil zu liegen kommt. Über diese Rinne wird die an einem starken hölzernen oder metallenen Bogen befestigte Sehne über die Nuß gezogen und dann durch Zurückziehen des Abzugs von unten losgeschneit. Da die Sehne nach der Abbildung unter dem Schaft der Armbrust durchläuft, so ist dieser wahrscheinlich seitlich ebenfalls wie unsere Knabenarm-

1) Espérandieu, *Bas-reliefs de la Gaule romaine*, 1908, II., Abb. 1679. Vgl. Saglio in Daremberg-Saglio, *Dictionnaire des Antiquités* I 388, Fig. 467. Das erste Monument stammt aus Salignac sur Loire; es soll guter Zeit angehören. Es ist ein Cippus, der einem Jäger unbekannten Namens errichtet ist. Das hinter der Armbrust aufgehängte Gerät ist der zugehörige Köcher. Das zweite (von Saint Marcel) stellt einen Jäger selbst mit Armbrust und Köcher dar, doch sind hier die Einzelheiten weniger deutlich. Die Armbrust (*arcuballista*) wird zuerst von Vegetius II 15 neben der *manuballista* erwähnt. IV 22 identifiziert er die *manuballistae* mit den *scorpiones*, daher versteht Saglio die *σκορπίδια*, die Archimedes bei der Belagerung von Syrakus anwandte (Polyb. VIII 7, 6), von solchen Armbrüsten. Ebenso die *scorpiones minores*, die Seilenos bei Scipios Belagerung von Cartagena (210 v. Chr.) erwähnte. Liv. 26, 49, 3 (vgl. 47, 6).

brüste geschlitzt gewesen, so daß die Sehne zwischen der oberen und unteren Lage des Schaftes bis zum Verschuß angezogen und dann, nachdem der Pfeil geladen, in dem Spalte um so sicherer losgeschneit wurde.¹⁾

Die griechischen Kriegsschriftsteller berichten uns nun nichts von diesem einfachen Gerät, weil es wahrscheinlich in der Regel, wie das von den beiden französischen Reliefs gilt, die Ausrüstung von Jägern, nicht von Kriegeren war. Sie knüpfen vielmehr an ein größeres Gewehr an, das den Namen „Gastraphetes“ trägt.²⁾ Dieses „Bauchgewehr“ ist wie die Armbrust mit Bogen, Sehne und Schießrinne ausgestattet. Aber das Spannen des kräftigeren Bogenarmes kann nicht mit den Händen geschehen. Es muß vielmehr ein besonderer Spannmechanismus nachhelfen.

Die Griechen konstruierten nämlich die Schußrinne so, daß sie eine Schwalbenschwanznute bildete (Abb. 36, S. 97), und in diese Rinne griff nun eine zweite Leiste (Schwalbenschwanzfeder, Abb. 37) ein, so daß sich die obere Leiste leicht auf der unteren hin und her schieben ließ (Abb. 38). Also eine Art von „Schlitten“ oder „Läufer“. Wenn man nun dieses Bauchgewehr laden will, so schiebt man den Schlitten vor. An seinem hinteren Ende ist ein eiserner Finger angebracht, der die Sehne der Armbrust in der Mitte greift (Abb. 38 E F). Stemmt man die Armbrust mit dem hervorragenden Ende des Schlittens auf den Boden, so kommt das andere Ende gegen den Bauch zu stehen. Indem man nun mit dem Bauch und dem ganzen Körper nachdrückt, geht der Schlitten wieder in die Höhe, die

1) Einen solchen Schlitz muß man wohl auch nach den Abbildungen bei den Armbrüsten des 10. Jahrh. im Ms. lat. 12 802 der Bibl. Richelieu in Paris (abgeb. V. Gay, *Glossaire Archéologique*, Paris 1887, S. 41) annehmen.

2) Vgl. oben S. 22. Eine z. T. abweichende Rekonstruktion des Gastraphetes gibt Prof. Th. Beck (in dem S. 102 Anm. 1 genannten Werke III 164) mit einer anschaulichen Figur. Ich halte mich an Schramms Rekonstruktion.

Sehne wird gespannt und kann in dieser Stellung durch zwei Sperrklinken festgehalten werden. Nun setzt man das gespannte Gewehr auf eine Unterlage, legt oben in die Rinne vor den eisernen Finger den Pfeil, zielt und schießt dann ab, indem man den Finger, der die Sehne festhält, durch Zurückziehen eines Seitenriegels, des sog. Abzuges, losläßt. Sofort schwirrt die Sehne los und schnellt den Pfeil vor sich her.

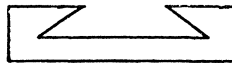


Abb. 36.
Schwalbenschwanznute.

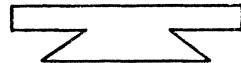


Abb. 37.
Schwalbenschwanzfeder.

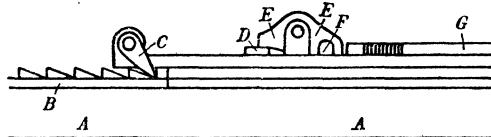


Abb. 38. Einzelheiten des Gastraphetes (Seitenansicht).
AA Schaft der Armbrust, B eiserne Zahnstange, C Sperrklinke, D Abzug, E Sperrlager, F Sehne (vom Finger E gespannt) G Pfeil.

Aus dieser Konstruktion des Bauchgewehrs, das durch Zopyros aus Tarent (vermutlich am Anfang des 4. vor-

chr. Jahrh.) weiter verbessert und verstärkt worden ist¹⁾, entwickelt sich nun die eigentliche Artillerie, die Katakypanten (*κατακύπται* oder *καταπέλται*, *catapultae*, *ballistae*). Sie tragen verschiedene Namen, wie Gradspanner Euthytone (Pfeilgeschütze, *catapultae* im engeren Sinne) oder Rückspanner Palintone (Steinkugelgeschütze, speziell *ballistae* genannt).²⁾ Ehe ich zu diesen

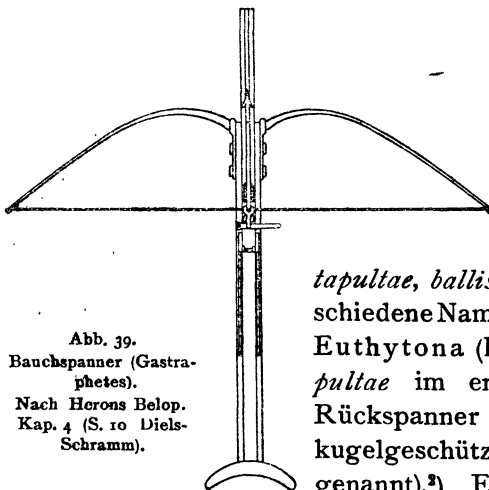


Abb. 39.
Bauchspanner (Gastraphetes).
Nach Herons Belop.
Kap. 4 (S. 10 Diels-Schramm).

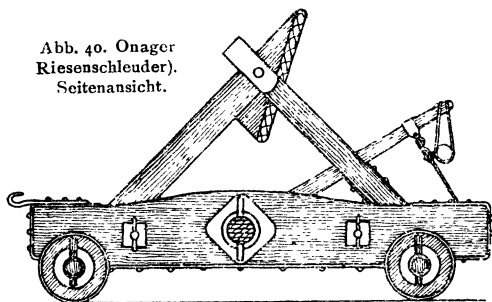
1) Vgl. oben S. 23.

2) Über die Namen s. S. 23 Anm. 2.

kunstreichen Konstruktionen übergehe, möchte ich erst noch einer Maschine gedenken, die sich ebenso aus der uralten Schleuder entwickelt hat, wie die Katapulten aus dem Bogen.

Diese Maschinenschleuder heißt bei den Griechen *Monankon* (Einarm), bei den Römern *Onager*, d. h. Wildesel. Die Alten fabelten nämlich, der Wildesel schleudre, wenn er verfolgt werde, mit seinen Hufen Steine hinter sich. Diese Riesenschleuder hatte vor allem den Zweck, die Belagerer von den Zinnen zu vertreiben.

Abb. 40. Onager
Riesenschleuder).
Seitenansicht.



Stellen Sie sich einen großen Schlitten vor, dessen beide Kufen fest miteinander verbunden sind. In der Mitte werden Sehnen (sog. Spannerv) oftmals zwischen den

beiden Kufen hin und her gezogen (Abb. 40).¹⁾ Dadurch bildet sich ein elastischer Strang, in den ein starker Holzarm wie ein Knebel hineingesteckt wird. Für gewöhnlich ragt dieser Arm schief in die Luft. Zieht man ihn aber nach unten, so wird er die Spannerv stark anspannen, und diese werden mit aller Gewalt den Arm wieder in seine alte Stellung zurückdrehen suchen. Bei der großen Maschine ist eine solche Kraft nötig, den Arm nach unten zu ziehen, daß man eine Winde zum Drehen anwenden muß (Abb. 41). Ist nun der Arm kräftig zurückgezogen, so wird ein Riegel vorgeschoben, der ihn in dieser schußfertigen Lage festhält. Oben an dem Arm hängt eine Schleuder mit der steinernen

¹⁾ In der Abbildung 41 ist der Schlüssel, mit dem die Büchse mit dem Sehnenbündel angezogen wird, angelegt.

Kugel. Nun wird auf das Kommando „Los“ der vor dem Arm liegende Riegel weggeschlagen¹⁾, der Arm kehrt in die ursprüngliche Stellung zurück und schlägt dort gegen ein festes Widerlager auf, der Steinsaut aus der Schleuder heraus und trifft in hohem Bogen sein Ziel. Die Schramm-

sche Rekonstruktion des Onager schießt eine vierpfündige Kugel 300 m weit. Man

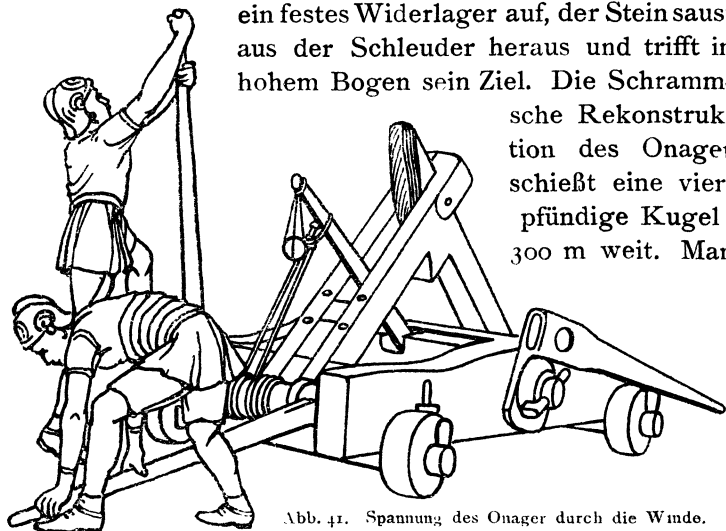


Abb. 41. Spannung des Onager durch die Winde.

darf annehmen, daß die antiken Geschütze noch sehr viel stärker waren. Denn der Historiker Ammian, der selbst Militär war, sagt, man dürfe dies Geschütz nicht auf harten Boden oder Steine stellen. Der Rückprall sei so stark, daß er die Unterlage völlig auseinander reißen würde. Man müsse es also auf Rasen oder Schotter stellen.

Der Onager wurde von den Arabern, wie es scheint, unter dem den Byzantinern entlehnten Namen *Manganik* übernommen, und die Franzosen brachten während der Kreuzzüge solche Wurfmaschinen nach Europa, die aber

1) Im Altertum löste man die Verbindung mit dem Arm durch einen Hammerschlag auf den Riegel. Bei der Rekonstruktion wird der Abzug durch eine seitlich angebrachte Schnur vorgenommen, was größere Sicherheit gewährt.

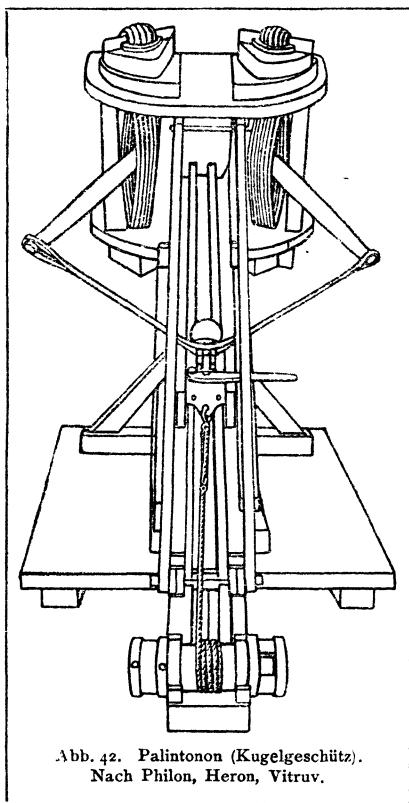


Abb. 42. Palintonon (Kugelgeschütz).
Nach Philon, Heron, Vitruv.

statt mit Torsion von Sehnenbündeln mit Hebelkraft in Bewegung gesetzt wurden. Der letzte Weltkrieg hat endlich die Auferstehung des alten Onager in den ‚Minenwerfern‘ erlebt, welche die Spannkraft der Sehnen durch starke Federn ersetzen, im Prinzip aber und in der Abzugsvorrichtung mit dem antiken ‚Einarm‘ übereinstimmen.

* * *

Nun kommen wir zu den eigentlichen Katapulten, von denen ich Ihnen ein kleines Modell des Palintonon hier vorführen kann (Abb. 42).¹⁾ Die wesentliche Kraft dieses Geschützes liegt, wie bei dem Onager, in der

Torsion der Nervenbündel. Solcher Bündel sind zwei angebracht in zwei Gehäusen, die rechts und links von der Schußrinne liegen. Die Spannsehnenbündel stehen aber nicht wagrecht wie bei dem Onager, sondern senkrecht.

1) Ich verdanke die Überlassung des Modells, das ein Primaner des Prinz-Heinrich Gymnasiums in Berlin-Schöneberg angefertigt hatte, dem verstorbenen Besitzer Prof. Dr. Max Schmidt in Berlin, der in seiner *Realistischen Chrestomathie* III (Lpz. 1901) S. 150 ff. einige auf das Kriegswesen bezügliche griechische Texte mit Erklärung abgedruckt und S. 36 ff. eine Einleitung in das Geschützwesen des Altertums gegeben hat.

In jedes dieser beiden Bündel steckt man einen festen Holzknebel, und die Enden dieser beiden Holzarme sind durch eine starke Bogensehne oder einen Sehnenstrang miteinander verbunden. Auf der Schußrinne bewegt sich nun wieder ein Schlitten mit Finger, der von hinten mit Kurbel gespannt wird. Zieht man die Sehne durch den greifenden Finger an, so wird die Kraft der beiden Sehnenbündel stark angespannt. Die Spannung wird auch hier durch Sperrklinken geschützt. Nun legt man vor die Sehne eine Kugel (Palintonon) oder einen Pfeil (Euthytonon), je nach der Konstruktion. Man löst den festhaltenden Finger, indem man den Riegel beiseite schiebt. Der Schuß geht los und das Geschoß fliegt zwischen den beiden Nervenbündeln hindurch dem Ziele zu. Durch Höher- und Tieferstellen, Rechts- und Linksdrehen, läßt sich genau visieren.

Die Gattung der Euthytone, deren Bau aus den alten Quellen ziemlich genau sich ergab, hat durch einen Fund, der 1912 in Ampurias (dem alten Emporion) in Spanien gemacht worden ist, eine willkommene Bereicherung der antiken Waffenkammer und eine Bestätigung der alten Beschreibungen und der danach gefertigten Saalburggeschütze geliefert. Es hat sich nämlich dort ein Spannrahmen in ziemlich gut erhaltenem Zustande gefunden, der als der Hauptbestandteil des antiken Pfeilgeschützes Hrn. Schramm befähigte, auch dieses „Ampuriasgeschütz“ seinen Rekonstruktionen einzureihen und die Beschreibung desselben in seinem zusammenfassenden Werke zu geben.¹⁾

Der Spannrahmen ergab die Bestätigung einer Vermutung, die ich zunächst aus rein philologischen Gründen entwickeln, dann aber auch technisch begründen konnte. Es war mir immer aufgefallen, warum die Stranghalter, in

1) Schramm, *Saalburggeschütze*, S. 40—46. 75—78; Abb. 14—17. 36—37, Taf. 11.

denen sich die Buchsen mit den Spannbündeln drehen, bei den griechischen Fachschriftstellern den Namen Peritreton (d. h. *das Ringsdurchbohrte*) führten. Ich nahm daher an, daß dieser Teil des Spannrahmens mit Löchern versehen gewesen sei, um die drehbare Buchse mit Vorsteckern auf der Unterlage des Peritreton so festzuhalten, wie es die Spannung erforderte. Der Ingenieur Th. Beck¹⁾ hatte zu diesem Zwecke den Rand der Buchsen mit Sperrzähnen versehen. Aber dies würde ein Rückspannen nach der Attacke, die zur Schonung der Stränge sich als zweckdienlich erwiesen hat, nicht gestattet haben. Außerdem kennen die antiken Quellen solche Sperrzähne nicht. Freilich kennen sie auch nicht mehr die ursprüngliche Einrichtung des Peritrets, wie sie der Name voraussetzt und jetzt das Geschütz von Ampurias in Wirklichkeit aufweist. Das Peritret B (Abb. 43) zeigt nämlich einen Kreis von 16 Löchern, der das für die Buchse mit den Spannbündeln ausgeschnittene Loch umgibt. Die drei in die Buchse A gebohrten Löcher rechts und links von dem Spannbolzen, der, quer über die Buchse gelegt, den Sehnenstrang aufnimmt, gestatten ein Nachspannen um $1\frac{1}{2}$ Grad als Mindestgrenze und Feststecken der Buchse durch zwei Vorstecker (hüben und drüben). Wenn, wie es bei den Saalburggeschützen der Fall ist, nicht Bronze (der Buchse) auf Eisen (des Peritrets), sondern Bronze oder Eisen auf Holz läuft, ist der Reibungskoeffizient so groß, daß ein Zurückdrehen der Buchse nicht zu befürchten ist, wie die Erfahrung gelehrt hat. Aus diesem Grunde und weil die Durchbohrung des Peritrets natürlich die Haltbarkeit schwächt, scheinen die antiken Kriegsschriftsteller undurchbohrte Peritrete (also ganz wider den ursprünglichen Namen) verwandt zu haben.

1) In C. Matschoß, *Beitr. z. Gesch. d. Technik u. Industrie* III (1911) 168.

Die Peritreten des Ampuriasgeschützes haben genau die von Vitruv für seine Katapulte angegebene Dicke von 1 Kaliber¹⁾ (= 7,9 cm). Man sieht daraus, wie der einmal ausprobierte Modul seit der wissenschaftlichen Festlegung durch Ktesibios treu festgehalten worden ist bis zur Zeit der Bürgerkriege, als das spanische Geschütz erbaut wurde, und bis zu den Zeiten Vitruvs und Herons, die im Banne der alexandrinischen Meister stehen.

Die Ähnlichkeit dieses neuentdeckten Geschützes mit dem Modelle Vitruvs fällt bei der Vergleichung der Schrammschen Rekonstruktion sofort in die Augen. Nur ist der Maßstab ein kleinerer. Jenes ist „vier-spithamig“ (2 ellig), die Ampuriaskatapulte dagegen „dreispithamig“

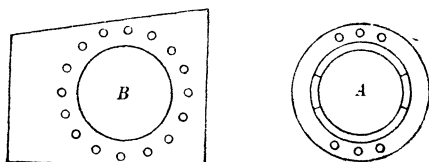


Abb. 43. Ampuriasgeschütz.

A bronzene Buchse. B Peritret (eiserne Unterlage).

(1½ ellig), und diese verschießt nicht Pfeile von 88,72 cm, wie Vitruvs Maschine, sondern nur solche von 70,976 cm.

Die Schußproben, die Generalleutnant Schramm mit seinen Originalgeschützen erzielt hat, sind folgende: Das leichte Ampuriasgeschütz erreichte beim Beschuß auf dem Schießplatz Heller bei Dresden gegen den Wind 305 m mit seinen kurzen Pfeilen. Das alte Vitruvsche Euthytonon mit den 88 cm langen Pfeilen reichte 370 m weit. Diese Pfeile durchschlugen einen eisenbeschlagenen 3 cm dicken Schild so, daß der Pfeil auf seine halbe Länge durchdrang, wodurch der Schildträger gefechtsunfähig wird. Sein Steingeschütz endlich (Palintonon) schoß mit einpfündiger Bleikugel 300 m.

Die Tiersehnen haben eine kolossale Kraft, aber sie sind bekanntlich ein sehr empfindlicher Hygrometer. Die

1) D. i. Bohrungsdurchmesser des Spannloches.

Spannkraft läßt daher mit der Zeit und namentlich bei feuchter Witterung viel zu wünschen übrig. Daher haben die alexandrinischen Ingenieure dafür gesorgt, daß durch Drehung der Buchsen, in welchem sich die Spannbündel befinden, oben und unten in entgegengesetzter Richtung ein Nachspannen wie beim Stimmen der Saiteninstrumente und Klaviere möglich wird und daß nur in der Aktion die volle Spannkraft erreicht, dagegen nach der Schlacht die Spannung wieder loser wird, um die Sehnen zu schonen. Allein, wie Philon bemerkt, bringt diese Nachspannung empfindliche Schäden. Daher verfiel er auf neue Konstruktionen, welche die Nachteile der üblichen Konstruktion vermeiden sollten.

Er erfand einen Keilspanner, bei welchem ein Nachspannen der Sehnenstränge durch Keile, die rechts und links in die Spannleisten eingeschoben werden, beliebig vorgenommen werden kann. Er verfiel ferner auf den sog. Erzspanner (*χαλκότονον*), bei dem die Elastizität gehämmerter Bronzefedern benutzt wird, um die Bogenarme in Spannung zu versetzen. Auch diese sinnreichen Konstruktionen sind von Schramm nachgebildet worden. Aber sie scheinen im Altertum nicht durchgedrungen zu sein. Die Elastizität der Bronze ist schwer herzustellen und scheint noch weniger Dauer zu versprechen als die der üblichen Tiersehnen. Doch hat man bei den modernen Minenwerfern die Elastizität stählerner Federsysteme wieder in ähnlicher Weise verwandt. (S. oben S. 100.)

Sehr interessant ist eine Beschreibung einer Erfindung bei Philon, die das Prinzip der Mitrailleuse oder des Maschinengewehrs mit dem antiken Torsionsgeschütz löst. Herr Schramm hat auch dieses Polybolon (Mehrlader), das Dionysios von Alexandria erfunden hat, rekonstruiert,

und so kompliziert die Erfindung scheint, so bewährte sie sich doch bei der Konstruktion.

Das Geschütz wird wie üblich gespannt, bis der Finger die Sehne

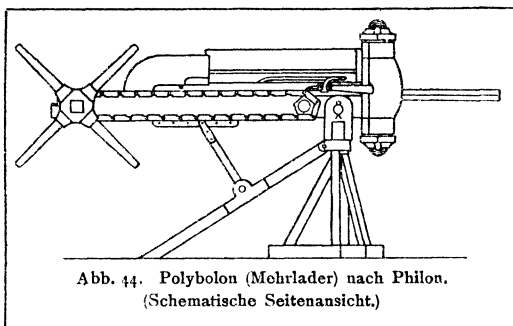


Abb. 44. Polybolon (Mehrlader) nach Philon.
(Schematische Seitenansicht.)

ergreift und spannt. Dieselbe Kurbeldrehung, die nun die Spannung bewirkt und die, durch eine Kette ohne Ende mit dem Abzug verbunden, die automatisch erfolgende Lösung des Fingers hervorruft, bewirkt gleichzeitig, daß jedesmal ein neuer Pfeil nach dem Schusse eingelegt wird. (Vgl. das Schema Abb. 44.)

Über der Pfeilrinne liegt nämlich ein Trichter, in dem eine beliebige Anzahl von Pfeilen liegt. Aus diesem Trichter fällt ein Pfeil in eine darunter sich drehende Walze, die eine Längsrinne hat, in die der Pfeil gerade hineinpaßt. Nun dreht sich die Walze, und der Pfeil dreht sich mit und kommt nun über die Pfeilrinne in dem Geschütze zu liegen. Der Pfeil fällt nach unten in die Rinne, die entleerte Walze dreht sich wieder nach oben, und während der neue Pfeil abgeschossen wird infolge der Kurbeldrehung, holt sich die Walze wieder oben aus dem Trichter einen Pfeil. So wirkt also tatsächlich dieses Polybolon, das von Einem Mann bedient wird, wie ein Maschinengewehr.¹⁾ General-

1) Mehrlader hat es schon lange vor der Erfindung der Mitrailleuse und des Maschinengewehrs gegeben. So tauchen gleich zu Anfang der Konstruktion der Pulvergeschütze im 14. Jahrh. solche „Orgeln“ auf. Feldhaus, *Techn. der Vorzeit* S. 403 zählt zahlreiche Versuche der Art auf und bildet die „Totenorgel“ nach Kyaser (1405) in Abb. 269 ab. Ebenso dessen „Revolversgeschütz“, Abb. 270.

leutnant Schramm hebt die Treffsicherheit des Geschützes hervor, das natürlich nur auf kürzere Entfernungen wirksam sein konnte.

Alle diese sinnreichen Erfindungen beruhen auf der Elastizität der Tiersehnen oder der Haare oder der Metallfedern. Unsere Artillerie beruht aber auf der Kompression der Gase. Davon hat das Altertum wenigstens eine Ahnung gehabt. Denn man hat im Altertum auch mit Luft geschossen. Wir nennen heutzutage ein solches Gewehr Windbüchse.¹⁾ Philon beschreibt eine Erfindung des Ktesibios (3. Jahrh. v. Chr.), die er Aërotonon (Luftspanner) nennt. Der geniale alexandrinische Ingenieur konstruierte zwei sorgfältig gearbeitete Zylinder, in denen Kolben auf und nieder gingen. Auf diese Kolben, die mit Gewalt in die Zylinder gedrückt wurden, griffen die Bogenarme der Katapulten an, und zwar so, daß die Spannung der Sehne die Kolben in den Zylindern niederdrückte. Löste sich nun beim Losschnellen der Sehne die Spannung, so trieb die komprimierte Luft natürlich die Kolben heraus. Die Arme wurden nach der entgegengesetzten Seite zurückgestoßen, und so kam der Schuß zustande.

So geistreich diese Erfindung ist, so hat doch Schramms Rekonstruktion gezeigt, daß sie praktisch nur dann wirkungsvoll wird, wenn man den Druck der Zylinder durch eine Luftpumpe reguliert. Das ist natürlich im Altertum nicht geschehen. Auch hat sich diese Konstruktion als nicht wetterbeständig erwiesen.

So gehört der Luftspanner wohl zu den vielen Versuchen, die nur auf dem Papier gestanden haben, obgleich Philon die gute Wirkung gesehen zu haben behauptet.²⁾

1) Über die moderne Geschichte der Windbüchse vgl. O. v. Lippmann, *Vortr. u. Abh.* II 295; Feldhaus, *Technik* S. 403 und 434.

2) Philon IV 78, 33 R. *Σχöne καὶ μήκος τι τῆς τοξείας πάντων ἐνδοξίμων ἐπολούν.*

Die genialen Erfinder des hellenischen und hellenistischen Altertums sind eben Griechen, die in der Theorie immer stärker waren als in der Praxis. Und die praktischen Römer haben auf diesem Gebiete fast nichts hinzugefügt und viel vergessen. Der einzige Autor, der hier zu nennen ist, der Anonymus *De rebus bellicis*, hat zwar ungefähr in der Zeit Justinians nach alten, vergessenen Vorbildern eine Reihe von phantastischen Vorschlägen für Kriegs- und Flottenwesen gemacht, aber man sieht nicht, daß er damit bei seinen Zeitgenossen und Nachfahren viel Glück gemacht hätte.¹⁾

Erst mit dem 12. Jahrh. regt sich wieder die Technik. Der Mensch lernt wieder mit der Natur fühlen und ihre Kräfte benutzen. Um diese Zeit bemüht sich die abendländische Menschheit wieder, zum Teil gestützt auf alte, aus Griechenland stammende Rezeptsammlungen, die Geheimnisse der Natur zu entreißen: den Alkohol zu destillieren²⁾, das Schießpulver herzustellen, Brillen und Ferngläser zu entdecken, Taucheranzüge, Selbstfahrer, Schiffe mit Maschinenantrieb und das Flugzeug zu konstruieren. Dies alles findet sich in dem Buch *De secretis operibus* des merkwürdigen Franziskanermönches Roger Baco (1214 bis 1294) mehr oder minder deutlich beschrieben.³⁾ Natürlich

1) Wiederabdruck der Frobeniana bei R. Schneider (Berl. 1908). Die Ansicht dieses Forschers, daß das Buch eine Fälschung des 14. Jahrh. sei, hat sich nicht durchsetzen können. Ich folge in dem obigen Ansatz R. Neher, *Der Anonymus De Rebus Bellicis*, Tüb. 1911.

2) Vgl. H. Diels, *Die Entdeckung des Alkohols*, *Abh. der Berl. Ak.* 1913, *phil.-hist. Kl.* 3; v. Lippmann, *Beitr. z. Gesch. d. Alkohols*, *Chemiker-Zeit.* 1914 Nr. 129, S. 1313; Nr. 132, S. 1346; Nr. 133, S. 1358; Nr. 138, S. 1419, S. 536; Nr. 139, S. 1428.

3) Opera ined. ed. Brewer (Lond. 1859) de secret. c. 4, S. 532ff. c. 6. Über die Flugmaschine ebd. c. 4, S. 533: *Item possunt fieri instrumenta volandi, ut homo sedeat in medio instrumenti revolvens aliquod ingenium* (Maschine), *per quod alae artificialiter compositae aerem verberent ad mo-*

ist auch hier wie später bei Leonardo da Vinci das meiste nur theoretisch und teilweise phantastisch ausgedacht, nicht experimentell erprobt und praktisch durchgeführt worden. Allein die Probleme waren doch aufs neue gestellt und dadurch die Erfindungskraft der Menschen, die über tausend Jahre brach gelegen hatte, stark angeregt worden. Für die Artillerie brachte die Erfindung des Schießpulvers die Wendung.

Diese Erfindung hüllt sich in Dunkelheit, wie die der meisten gegen Ende des Mittelalters auftauchenden Er-rungenschaften der Technik. Denn die naturwissenschaftlich ungebildete Menschheit dieser finsternen Zeiten betrachtete alle jene unheimlichen Dinge mit Grauen und war geneigt, mit den Erfindern, die sie als Zauberer beargwöhnte, kurzen Prozeß zu machen. Zum Teil waren die artilleristischen Neuerungen auch eifrig gehütetes Staatsgeheimnis, wie wir das in Byzanz von der Bereitung des griechischen Feuers wissen, das als Vorläufer des Schießpulvers betrachtet werden kann.¹⁾ Bei der Belagerung von Konstantinopel 673 n. Chr. hatte der Architekt Kallinikos aus Heliopolis das griechische Feuer mit Erfolg zur Anwendung gebracht. Es ist nicht leicht, sich aus den Andeutungen des Historikers die Zusammensetzung dieses Explosivstoffes und seine Anwendung vorzustellen. Doch

dum avis volantis. Er sagt über diese Erfindungen zuletzt: *Haec autem facta sunt antiquitus, et nostris temporibus facta sunt, ut certum est, nisi sit instrumentum volandi, quod non vidi, nec hominem qui vidisset cognovi; sed sapientem, qui hoc artificium excogitavit explere, cognosco.* So phantastisch vieles von seinen zum Teil aus arabischen Quellen geschöpften Miracula anmutet, ist doch das meiste wirklich wenigstens theoretische Konstruktion des Roger Baco und anderer Erfindergenies dieser Zeit gewesen.

1) Berthelot, *Les compositions incendiaires dans l'antiquité et au moyen âge*, *Revue des deux mondes* 106 (1891) 786 ff.; *Chimie au moyen âge* I 93 ff. Romocki, *Gesch. d. Explosivstoffe* I (Berl. 1895) S. 5 ff.

lautet ein Rezept des Marcus Graecus, von dem sich eine lateinische Übersetzung des 12. Jahrh. erhalten hat, folgendermaßen:

„1 Teil Kolophonium,
1 Teil Schwefel,
6 Teile Salpeter

fein gepulvert aufzulösen in Lein- oder Lorbeeröl, dann in ein Rohr oder einen ausgehöhlten Holzschaft zu legen und anzuzünden. Es fliegt sofort nach jeder beliebigen Richtung und vernichtet alles durch sein Feuer.“¹⁾

Noch näher an die Zusammensetzung des Pulvers heran führt das dort mitgeteilte Rezept Nr. 13: „Fliegendes Feuer (*ignis volatilis*) wird auf folgende zweite Weise hergestellt: Nimm 1 Teil Schwefel, 2 Teile Linden- oder Weidenkohle, 6 Teile Salpeter, alles fein gepulvert in einem Marmormörser. Dann macht man damit beliebig eine Rakete oder einen Donnerschlag. Die Rakete muß lang sein und das Pulver fest eingeschlagen werden. Der Donnerschlag dagegen muß kurz und dick und nur halb gefüllt werden. Die beiden Enden müssen hier mit Eisendraht gut abgebunden werden.“

Liest man nun die Beschreibung, die Leo (wahrscheinlich der Isaurier, 717—741) in seiner Taktik von der Feuertriere gibt, die am Bug einen Siphon (d. h. eine Röhre) zum Feuern gegen die feindlichen Schiffe besitzt, so deuten dessen Worte, daß das „präparierte“ (griechische) Feuer mit Donner und Rauch, der dem Feuer vorausgeht, aus den Röhren abgeschossen wird²⁾, darauf hin, daß es sich um

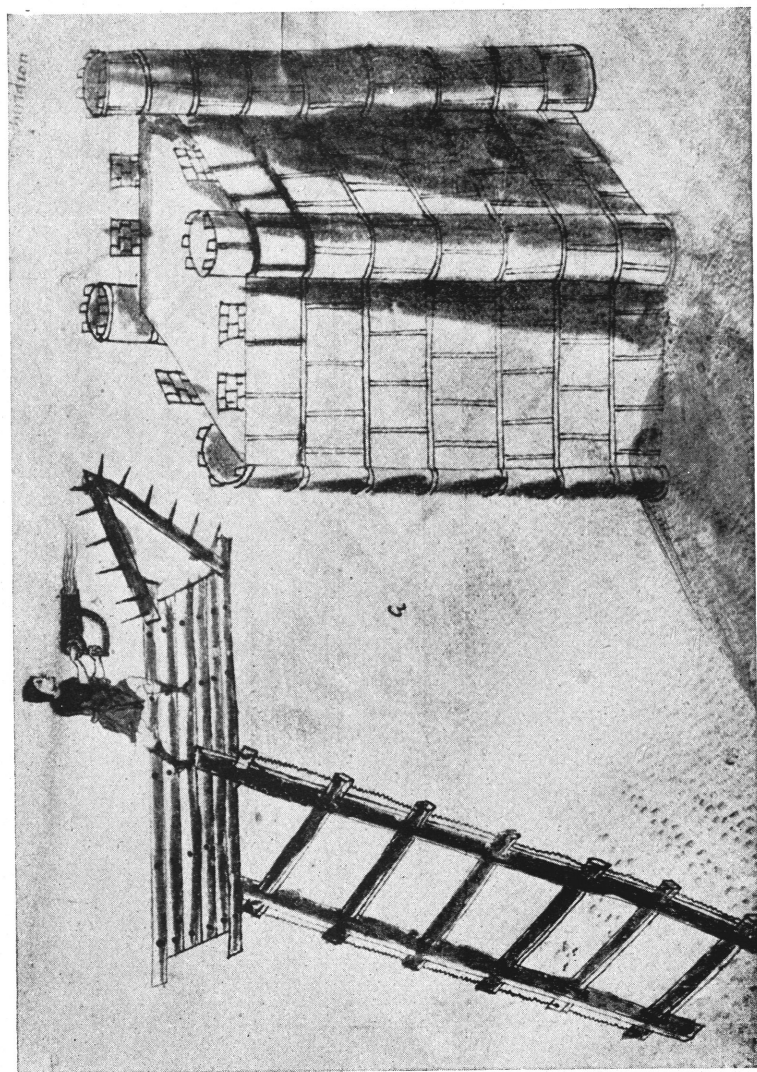
1) Marcus Gr., *Liber ignium* n. 12 (Berthelot, *Chimie au moyen âge* I 108). 13 (I 109).

2) 51 (Migne 107, 1008) τὸ ἐσκευασμένον πῦρ μετὰ βροντῆς καὶ καπνοῦ προπύρου διὰ τῶν σιφώνων πεμπόμενον καὶ καπνίζον αὐτὰ (scil. τὰ πολεμικὰ πλοῖα). Die unverständliche Lesart προπείρου habe ich nach dem Vorgang der lat. Übersetzung (*fumo ignito*) in προπύρου gebessert. Diese Vermutung hat der Monac. gr. 195 bestätigt, indem er von erster Hand προπείρου in καὶ πυρὸς und dann diese (interpolierte) Lesart in προπύρου

Explosivstoffe handelt, die angezündet und raketenartig

geändert hat, freilich ohne καὶ zu tilgen. Auch die vulgäre Redaction des Monac. gr. 452 liest ähnlich: οἶον τὸ σκευαστὸν πῦρ, ἤγουν τὸ λαμπρόν, μετὰ βροντῆς καὶ καπνοῦ τῶν προπύρων πεμπόμενον. Diese Lesung bezieht also das Epitheton auf βροντῆς und καπνοῦ in gleicher Weise, gibt aber kaum das Echte wieder. Die Lesarten der Münchner Hss. verdanke ich Heisenbergs Güte.

Es kann nach dieser Beschreibung nicht zweifelhaft sein (vgl. Berthelot, *Chimie au moyen âge* I 98), daß Salpeter als explodierender Bestandteil im griech. Feuer vorhanden war, aber gerade dieser wurde geheim gehalten. Die Tatsache, daß der Salpeter in chinesischen Schriften nicht vor 1150 n. Chr. erwähnt wird und dann durch Araber zuerst in Spanien Eingang fand (v. Lippmann, *Abh. u. Vortr.* I 124), beweist nicht, daß der Salpeter in byzantinischer oder noch älterer Zeit in Griechenland unbekannt war. Denn unsere Notizen über dergleichen Stoffe sind sporadisch (wer möchte z. B. irgend etwas aus der Tatsache schließen, daß *vitrum* erst bei Lukrez in der römischen Literatur genannt wird?) und bei einem solchen Stoffe noch besonders mit dem Schleier des Geheimnisses umgeben. Ganz unvereinbar ist mit Leos Bericht die Annahme, daß neben Naphtha Schwefel und ungelöschter Kalk, die sich im Wasser entzünden (schon in alexandrinischer Zeit bekannt, s. Berthelot a. a. O. 95), verwandt seien (v. Lippmann, *Abh. u. Vortr.* I 131ff.). Denn wie sollen die Handsiphone, die das griech. Feuer den Feinden ins Gesicht schleudern, das zur Entzündung des Kalks nötige Wasser erhalten? Wie soll bei diesen ferner die Feuerspritze, die zur Ausspritzung der Brandfüllung nötig erachtet wird, angebracht werden? Allerdings aber führen die Ausdrücke „flüssiges Feuer“ bei Theophanes, Chronogr. I 396, 13. 499, II de Boor (*ὄγρον πῦρ*), die er neben πῦρ Ῥωμαϊκόν (396, 29), πῦρ θαλάσσιον (354, 13), σκευαστὸν πῦρ (405, 20) für das griechische Feuer braucht, auf die Vermutung, daß neben jenem explodierenden Treibsatz, der mit dem späteren Pulver zu vergleichen ist, noch eine Flüssigkeit (entweder Öl wie in dem oben erwähnten ersten Rezept oder Naphtha) abgeschossen wurde, die sich bei der Explosion entzündete und unlöschbares Feuer auf die Schiffe und Soldaten der Gegner schleuderte. Auf einen solchen Apparat beziehe ich die älteste Abbildung eines Geschützes bei Walther von Milemete (Christchurch-Bibl. Oxford) aus dem J. 1326, die Feldhaus, *Technik* 409, Abb. 271 abbildet. Der bauchige Behälter hält in seiner Mündung einen hinten verdickten Pfeil, der vorn mit einer Spitze versehen ist, damit er an dem Holze des beschossenen Tors haftet. Merkwürdige Feuertonnen halten die aus dem hölzernen Pferde gestiegenen Griechenhelden gegen die Mauern Trojas auf einer Miniatur des Cod. Berol. germ. fol. 282 um 1290 (abgebildet *Geschichtsbibl. f. Technik* III (1916) 338f. Vgl. das. S. 357. Über arabische Naphthaspritzen vgl. F. Wiedemann, *Beitr.* VI (Erl. 1906) S. 38, 52.



Angriff mit griechischem Feuer nach Codex Vaticanus Graecus 1605 (s. XI).

abgeschossen werden, um schwer löschbares Feuer auf die Flotte der Gegner zu schleudern. Ebenso lassen sich die Handsiphone (*χειροσίφωνες*), die daselbst c. 56 erwähnt werden, als kleinere explodierende Feuerwerkskörper auffassen, die dem Feinde gegen das Gesicht geschleudert werden sollen.¹⁾ Ja, eine im Vatikan aufgefundene Handschrift eines byzantinischen Kriegsschriftstellers, die im 11. Jahrh. geschrieben ist (Vatic. gr. 1605 f. 36^r), zeigt einen Krieger, der oben auf einer Fallbrücke steht, die zur Mauer einer belagerten Stadt hinüberführt, und dort eine große Pistole abfeuert, die mit ihrer Flammenladung die feindlichen Soldaten von den Zinnen vertreiben soll (Taf. VIII).

Aus solchen Quellen schöpft nun auch Roger Baco, der ums Jahr 1260 an den Bischof Wilhelm von Paris seine berühmte *Epistola de secretis operibus artis et naturae et de nullitate magiae* schrieb. Hier beschreibt er zunächst im sechsten Kapitel *de experimentis mirabilibus*, wie eine kleine fingerdicke präparierte Masse in der Luft Donner und Blitze stärker als ein Gewitter erzeugen könne.²⁾

1) Aus diesem Apparat hat sich wahrscheinlich der gestielte Handmörser der Araber (*Madfaa*) entwickelt, den ein arabischer Autor des 14. Jahrh. Schems-Eddin Mohammed beschreibt (Jähns a. a. O. I 181). Der Bolzen, der auf die festgestopfte Holzhöhre (die ebenso breit wie tief sein muß) aufgepreßt wird, worauf die Entzündung des Brandsatzes (wohl durch ein Zündloch) erfolgt, ist keineswegs als Projektil, sondern als Verschuß gedacht. Doch mag sich aus dieser Waffe die eigentliche Kanone entwickelt haben. Denn die Explosivkraft des Pulvers konnte erst dann zum Treiben von Projektilen mit Erfolg benutzt werden, als man es zu körnen gelernt hatte. Daher spricht auch Marcus Graecus in der Einleitung zu seinem *Liber ignium* (Berthelot a. a. O. I 100) nur von dessen *virtus et efficacia ad comburendos hostes*. So ist also der im Vaticanus dargestellte Feuerangriff aufzufassen und das v. Lippmann, *Chemikerz.* 1916 n. 54 erhobene Bedenken zu beseitigen.

2) p. 536 ed. Brewer: *Nam soni velut tonitrua possunt fieri et corruscationes in aere, immo maiori horrore quam illa quae fiunt per naturam. Nam modica materia adaptata, scilicet ad quantitatem unius pollicis, sonum acit horribilem et corruscationem ostendit vehementem.*

Das Geheimnis seines Donnerpulvers hat er dann im c. 11 halb enthüllt, indem er Salpeter und Schwefel und als dritten Bestandteil anagrammatisch verstecktes Kohlenpulver zur Herstellung von Blitz und Donner empfiehlt.¹⁾

Aber mit der Kenntnis des Salpeters und seiner Explosivkraft war keineswegs auch die moderne Kanone erfunden. Denn es handelte sich darum, die Sprengkraft jenes Gemisches zu bändigen und als Triebkraft eines Geschosses auszunützen. Diesen bedeutenden Fortschritt verdanken wir weder den Arabern, deren Ansprüche sicher unberechtigt sind²⁾, noch den Chinesen³⁾, sondern den Deutschen, die bei Byzantinern wie Italienern als die Erfinder der neuen „barbarischen“ Technik angesehen wurden.⁴⁾ Im 14. und 15. Jahrh. besitzen die Deutschen ausschließlich eine artilleristische Literatur, und deutsche Büchsenmacher spielen in allen Landen die erste Rolle.⁵⁾ Noch vor der Einführung der Pulvergeschütze sind sie es, die noch die alten mit Haarsehnentorsion wirkenden Katapulten auch

1) p. 551 Br. Romocki a. a. O. I 93, dessen Lesung freilich weder mit dem Drucke noch mit dem von Brewer verglichenen Manuskript ganz stimmt.

2) Romocki I 78 ff.

3) Romocki I 39 ff. W. F. Meyers *Journ. of the North-China branch of the Royal Asiatic Soc.* 1869—1870 (N. S. VI), Shanghai 1871, S. 76 ff. Dagegen G. Schlegel, *T'oung pao Archives pour servir à l'étude de l'histoire . . . de l'Asie orientale* Sér. II, vol. III (1902) p. 1 ff. O. v. Lippmann, *Abh. u. Vortr.* I 149 ff.; II 284 ff.

4) Interessant ist der Bericht des Zeitgenossen Laonikos Chalkondyles de reb. Turc. V, p. 231 ff. Bonn über Murads II. vergebliche Belagerung von Konstantinopel (1422). Die Kanonen (τηλεβόλοι, τηλεβολίσκοι) seien keine antike Erfindung, man glaube, sie seien von den Deutschen erfunden und hätten von dort aus sich schnell über den Erdkreis verbreitet (οἱ μὲν τηλεβολίσκοι ἀπὸ Γερμανῶν καὶ ἐς τὴν ἄλλην κατὰ βραχὺ ἀφίκοντο οἰκουμένην). Die Triebkraft, welche Steinkugeln schleudert, wird durch das Pulver (κόνις) gebildet: τῆς δὲ κόνεως τὸ νίτρον ἔχει τὴν δύναμιν ἀνθρακί τε καὶ θείῳ ἐπιμιγνυμένη.

5) M. Jähns, *Gesch. d. Kriegsw.* I (1889) 225.

im Ausland herzustellen wissen.¹⁾ Als dann die Kraft der Sehnen durch die Explosivkraft des Pulvers ersetzt ward, waren wiederum deutsche Geschützmeister an der Spitze der neuen Bewegung. Die Sage von Berthold Schwarz freilich, als dem Erfinder des Pulvers oder der Kanone, läßt sich geschichtlich nicht genau fixieren. Nur so viel ist sicher, daß sich im Laufe des 14. und 15. Jahrh. die neue artilleristische Waffe mit unheimlicher Schnelligkeit durch Europa und Asien verbreitete, so daß viele Städte Deutschlands und Italiens bereits in der ersten Hälfte des 14. Jahrh. mit Kanonen versehen waren. Im Anfang hielten sich noch die antiken Muster neben der neuen Waffe, aber da die kostspieligen Sehnen der Torsionsgeschütze an Haltbarkeit den rasch vervollkommenen Feuergeschützen nachstanden, war der Sieg bald diesen beschieden. Petrarca wütet um die Mitte dieses Jahrh. gegen die neue „Pest“, die einige dem Archimedes zuschrieben.²⁾ Am Anfang des folgenden Jahrh. unter dem mächtigen Kaiser Yung-lo (1403 bis 1425)

1) So fertigte ein Deutscher Johann Gui aus Metz, wo sich 1324 das romanisch *espigala* genannte Geschütz nachweisen läßt, für die Verteidigung von Avignon einen solchen *Springolf* (auch *Notstal* genannt) an. S. B. Rathgen, *Z. f. hist. Waffenk.* VIII H. 3/4.

2) Petrarca im Dialog *De remediis utriusque fortunae* I 99 (ed. Basil. 1554 fol., p. 84): *G. Habeo machinas et balistas innumeras. R. Mirum nisi et glandes aeneas, quae flammis iniectis horrissono tonitru iaciuntur. Non erat satis de coelo tonantis ira Dei immortalis, homuncio, nisi (o crudelitas iuncta superbiae) de terra etiam torruisset; „non imitabile fulmen“, ut Maro [Aen. VI 590] ait, humana rabies imitata est, et quod e nubibus mitti solet ligneo quidem, sed tartareo mittitur instrumento, quod ab Archimede inventum quidam putant eo tempore, quo Marcellus Syracusas obsidebat. Verum ille hoc, ut suorum civium libertatem tueretur, excogitavit, patriaeque excidium vel averteret vel afferret [l. differret], quo vos, ut liberos populos vel iugo vel excidio prematis, utimini. Erat haec pestis nuper rara, ut cum ingenti miraculo cerneretur, nunc ut rerum pessimiarum doctiles sunt animi, ita communis est ut unum quodlibet genus armorum.* Die Stelle ist u. a. auch darum interessant, weil sie bezeugt, daß Petrarca noch keine Metallgeschütze, sondern nur hölzerne kennt. Über Archimedes s. S. 116.

dringt die Kanone bereits nach China vor, und Berlin besitzt zur Zeit im Museum für Völkerkunde (Nr. 224) ein von der Großen Mauer stammendes Feuerrohr, eine mit Zündloch versehene, auf einer Stange aufzustellende Bronzebüchse (Abb. 45) von 35,7 cm Länge (Kaliber 16 mm), die nach der authentischen Inschrift aus dem Jahre 1421 stammt.¹⁾ Es ist die älteste datierte Waffe dieser Art, die sich erhalten hat.

Sobald einmal die mit Pulver geladenen Kanonen an die Stelle der Armbrüste und der schwerfälligen Hebel-

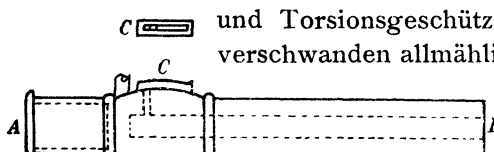
 und Torsionsgeschütze getreten waren²⁾, verschwanden allmählich alle anderen Konstruktionen; und auch die angeblich von Archimedes erfundene Dampfkanone, von der vielleicht schon Pe

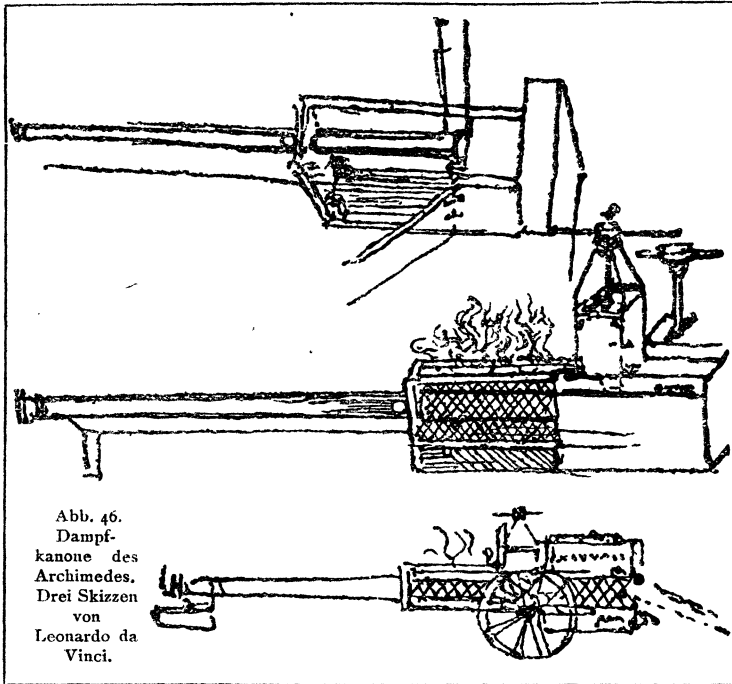
Abb. 45. Chinesische Stangenbüchse von 1421.
AB Rohr. A Öffnung zum Einstecken der Stange. B Öffnung der Seele. C Zündpfanne mit Zündloch (4 mm Durchm.), ursprünglich mit Deckel geschützt.

trarca eine dunkle Kunde erhalten hatte, ohne ihre Konstruktion zu kennen³⁾, die Leonardo da Vinci genauer beschreibt, hat den Siegeslauf der Pulvergeschütze nicht aufhalten können. Da sich an die Beschreibung Leonardos eine interessante Streitfrage knüpft, will ich zum Schluß Ihnen diese Erfindung, die selbst im Zeitalter des Dampfes noch nicht zu praktischer Anwendung hat führen können, vorführen. Der geniale Maler und Techniker gibt in seinem in Spiegelschrift verfaßten und mit Zeichnungen und Skizzen

1) Feldhaus, *Zeitschr. f. hist. Waffenkunde* IV 8 (1907) S. 256. Photographische Wiedergabe des Stückes in dess. Verf. *Technik* (Lpz.-Berl. 1914) S. 424, Abb. 281.

2) Rud. Schneider, *Die Artillerie des Mittelalters*, Berl. 1910, der mit Unrecht die Anwendung von Torsionsgeschützen im Mittelalter in Abrede gestellt hatte.

3) S. oben S. 113 Anm. 2.



versehenen technischen Manuskripten (B f. 33) den „*Arctronito*“ des Archimedes in drei andeutenden Skizzen wieder (Abb. 46).¹⁾

Dieser „Urdonnerer“ besteht aus einem langen Kanonenrohr, das, wie die oberste Zeichnung verdeutlicht, zu einem Drittel in einem Feuerkasten steckt und dort glühend gemacht wird, wie die zweite Skizze zeigt. Über dem rechten Ende des Kanonenrohrs befindet sich ein Wasserkessel. Wenn die mit *d* bezeichnete Schraube (Spiegelschrift auf der mittleren Skizze) aufgedreht wird,

1) S. Feldhaus, *Leonardo der Techniker und Erfinder* (Jena 1913) S. 93. Über die Chronologie dieser Mss. s. Feldhaus, *Technik* S. 622. Das Pariser Ms. B stammt aus 1488—97.

fließt das Wasser in den glühenden Teil des Kanonenrohrs und verwandelt sich plötzlich in Dampf, der die vorliegende Kugel mit Gewalt aus dem Rohre schleudert. Die Kanone, heißt es zum Schluß, warf eine Kugel, die ein Talent wog, sechs Stadien weit.¹⁾

Während Matschoß, der verdiente Historiker der Technik²⁾, kein Bedenken getragen hat, dem berühmtesten Ingenieur des Altertums diese „erste Dampfmaschine“ zuzutrauen, bezweifeln andere mit Recht diesen ehrwürdigen Namen. Das Altertum hat, soviel wir wissen, die Kraft des Dampfes, die ja allerdings im kleinen erprobt war, niemals zu größeren Maschinen und namentlich niemals zur Konstruktion von Geschützen verwendet. Falls Archimedes bei der berühmten Belagerung von Syrakus (212 v. Chr.) derartige Geschütze zur Anwendung gebracht hätte, würde die Historie gewiß davon berichtet haben.

Feldhaus erklärt daher den Namen „Archimedes“ als Beinamen eines Ingenieurs der neueren Zeit, dem Leonardo diese Erfindung entlehnt habe.³⁾ Allein auch diese Auskunft versagt. Denn abgesehen von Petrarca, dessen Anspielung ich oben mitgeteilt habe, deutet die Maßangabe nach Talent und Stadien mit Sicherheit auf das griechische Altertum hin.

Auf die richtige Lösung führt die Beobachtung, daß sich unter dem Namen des Archimedes bei den Arabern eine Reihe von offenbaren Fälschungen nachweisen lassen.⁴⁾ Der im Orient und Okzident hochberühmte Name des syrakusanischen Gelehrten und Technikers forderte die phan-

1) *una balotta che pensava uno talanto stadj 6.*

2) *Geschichte der Dampfmaschine* (Berl. 1909) S. 27. Er vermutet, daß Leonardo eine uns verlorene Hs. des Archimedes benutzt haben müsse.

3) So heißt z. B. Jacopo Mariano (um 1440) *Archimede*.

4) S. Heiberg in Archenholds „*Weltall*“ IX 186 und oben S. 83 Anm. 2. Über die „Uhr des Archimedes“ vgl. auch Kap. VII S. 211.

tastische und zu naiver Fälschung nur allzu geneigte arabisch-schriftstellerwelt von selbst zu Unterschiebungen heraus. Die alchemistische wie die Florilegienliteratur der Araber strotzt von antiken und antikisierenden Namen, denen jeder reale Hintergrund fehlt. Aristoteles, der Geistesherrscher im Mittelalter, hat dort Anlaß zu einer Fülle von Pseudepigraphen gegeben. So wird die Vermutung nahe gelegt, daß ein ingeniöser Kopf unter den arabischen Physikern (es fehlt nicht an solchen) seinem Einfall unter dem berühmten Namen des Archimedes, dessen Ruhm zu allen Zeiten durch die Verteidigung von Syrakus begründet war, Vertrauen und weitere Verbreitung verschaffen wollte. Und diese Vermutung wird fast zur Gewißheit, wenn wir sehen, wie Leonardo an derselben Stelle (B f. 96) mitteilt, Archimedes habe eine Maschine erfunden, um Brander (d. h. mit Brandsätzen gefüllte Töpfe oder Kupferhülsen) und Pech auf die feindliche Flotte zu schleudern. Er habe in spanischen Geschichtsbüchern gefunden, daß Archimedes diese Raketenmaschinen in den Kämpfen der Spanier gegen die „*Ingleses*“ zur Anwendung gebracht habe. Namentlich habe er *Cliderides*, den König der *Cirodastri*, durch seine Erfindungen unterstützt.¹⁾ Diese spanische Fabelei mit den griechisch klingenden Namen führt auf maurisch-arabische Überlieferung. Denn genau so haben die arabischen Alchemisten mit den antiken Namen gespielt. Vielleicht wird es einem mit der spanisch-arabischen Literatur vertrauten Gelehrten gelingen, die Vorlage Leonardos, wenn sie sich noch erhalten haben sollte, ausfindig zu machen.

Wenn also die moderne Entwicklung des Kriegswesens nicht direkt mit der hellenischen Überlieferung zusammenhängt, so ist doch auch hier ein unmerklicher Übergang

1) Libri, *Histoire des Sciences math. en Italie* I² (Halle 1865) p. 36.

vom Alten zum Neuen, von dem aus antiker Tradition stammenden griechischen Feuer zu den modernen Feuerwaffen nachzuweisen. Wenn die Deutschen, wie es wahrscheinlich ist, bei der Ausbildung der neuen Waffen die entscheidenden Schritte getan haben, so haben sie sich auch hier wie so oft als die Fackelträger erwiesen, welche die fast erloschenen Funken des Altertums zur helleuchtenden Flamme anzufachen wußten. Freilich blickten damals, als die neue Erfindung das alte Ritterwesen von Grund auf umwandelte und zerstörte, viele romantisch gestimmte Seelen mit Schauer auf das barbarische Teufelswerk. Außer Petrarca, dessen Verdammungsurteil ich bereits früher erwähnte, ist besonders die Klage Ariosts bezeichnend, die er mit der Geschichte seines Helden Roland lose verwebt hat. Dieser kämpft mit dem Friesenkönig Cimosco, der in Holland eingefallen war und vergebens mit seinen zwei Ellen langen Feuerrohren gegen ihn ficht. Nach seinem Siege erhält Roland die Kanone als Beute. Er wirft sie aber auf hoher See in die Tiefe, daß das „verfluchte Rohr“ hinfürder kein Unheil mehr anstiften und Rittersugend zuschanden machen könne.¹⁾

Trotzdem steigt später die Maschine wieder in die Höhe²⁾:

XI 22 Aus hundert Klafter tiefen Meeresgrüften
 Vermochte dann des Teufels Zaubermacht
 Die höllische Maschine doch zu lüften:
 Sie ward zuerst den Deutschen zugebracht.
 Die wußten manches damit anzustiften,
 Und, stets auf unser Unheil nur bedacht,
 Verfeinerte der Dämon ihre Geister:
 So wurden mählich sie des Werkes Meister.

1) Orlando furioso IX 28. 29. 90. 91. Hier heißt es: *O maledetto, o abominoso ordigno Che fabricato nel tartareo fondo Fosti per man di Belzebù maligno Che ruinar per te disegnò il mondo.*

2) XI 22ff.

- 23 Italien, Frankreich und die Länder alle
 Erlernten diese grause Kunst mit Hast:
 Hier schmilzt man in dem Ofen Erzmatalle,
 Die man darauf in hohle Formen faßt;
 Dort bohrt man Eisen, wie in jedem Falle,
 Klein oder groß, ins Loch die Kugel paßt.
- 24
 Gib, armer Krieger, alle deine Waffen
 Der Schmiede hin bis auf dein gutes Schwert!
 Du mußt dich an die Büchse jetzt gewöhnen,
 Denn sonst wird wahrlich niemand mehr dich löhnen!
- 25 Wie fandest du nur Eingang bei den Toren,
 O du verruchte, dumme Teufelskunst?
 Durch dich ging jeder Waffenruhm verloren,
 Die Ritterschere ward zum eitlen Dunst!

Weichliche Seelen stimmen auch jetzt noch in die Klagen der alten Italiener ein, daß jene furchtbaren Kriegsmittel der modernen Artillerie eine Erfindung des Satans seien, ohne zu bedenken, daß diese nicht minder zum Schutz wie zum Trutz dienen.¹⁾ Wer aber in diesen Vervollkommnungen der Kriegstechnik einen Beweis für die kulturfeindliche Mission des deutschen Genius erblickt, den darf man wohl an Erfinder wie Gutenberg erinnern, der den durch Cicero vermittelten vagen Gedanken des großen Poseidonios von dem beweglichen Letterndruck²⁾ in die Tat umsetzte, an Kopernikus und Kepler, welche die *Somnia Pythagorea* über den Kosmos zur Wahrheit werden ließen, an so viele

1) v. Lippmann, *Abh. u. Vortr.* I 172, hat die Liste der Gegner der Pulvertechnik über Cervantes (*Don Quichote* V c. 7) und Shakespeare, Luther, Melanchthon und Erasmus bis zu Leibniz geführt. Am ausführlichsten wettet gegen den „verdampften Mönch“ (B. Schwarz) Moscherosch im „Soldatenleben“ S. 381, her. v. Bobertag (Kürschner D. N.-Litt. 32).

2) Poseidonios als Quelle Ciceros habe ich im *Elementum* (Leipzig 1899) S. 1 ff. nachgewiesen. Alexander Rost (1816—1873) hat Gutenberg und Berthold Schwarz als Verbündete gegen die „Mächte der Finsternis“ in dem Volksschauspiel „Berthold Schwarz oder die deutschen Erfinder“ auf die Bühne gebracht (1864 in Weimar aufgeführt).

andere Wohltäter der Menschheit, die in den späteren Jahrhunderten Deutschland gestellt hat. Mit den geistigen Waffen, die diese Männer geschmiedet, kämpft jeder echte Deutsche am liebsten. Sollten aber eines Tages scheelsüchtige Nachbarn, die unser materielles und geistiges Fortschreiten hemmen wollen, durchaus mit anderen Waffen den Kampf beginnen, so werden sie uns auch hier gerüstet finden. Was für Archimedes der höchste Ruhm war, sein Vaterland mit der besten Wehr und Waffe verteidigt zu haben, das wird den deutschen Archimeden nicht zur Schande gereichen!¹⁾

1) Diese Stelle ist geraume Zeit vor dem Ausbruch des Weltkrieges niedergeschrieben! Es versteht sich, daß die während des Krieges zur Anwendung gekommenen deutschen Erfindungen der Riesenkanonen, Zeppeline, Gasangriffe, Tauchboote, demselben Fluche bei unsern Gegnern verfallen sind.

VI

ANTIKE CHEMIE.¹⁾

Während in dem letzten Jahrhundert die Chemie namentlich auch in unserm Vaterlande zu einer für die Theorie der Weltanschauung wie für die Praxis des Weltgeschehens wichtigen, ja wichtigsten Wissenschaft emporgediehen ist, verbirgt sie sich im Altertum in ein mysteriöses Dunkel. Name und Sache scheint auf den ersten Blick in gleicher Weise unbekannt zu sein. Allein die Gräber Ägyptens, die sich seit hundert Jahren geöffnet, und die Quellenforschung der Philologen und Chemiker, die sich auch diesem okkulten Gebiete mit immer steigender Energie zugewandt haben, beginnen doch einiges Licht in die Dunkelheit zu werfen.

Früher galt der Astrologe Firmicus Maternus, der um 336 n. Chr. sein astrologisches Handbuch schrieb, als der erste, der von Chemie sprach.²⁾ Man las im 3. Buche eine Stelle, welche vom Einfluß des Mondes im Hause des Saturn handelt und *scientiam alchimiae* den unter dieser Konstellation Geborenen verhieß. Da die alten Gelehrten wußten, daß Alchemie eine erst durch die Araber geschaffene

1) Aus einem Vortrag in der Archäologischen Gesellschaft zu Berlin am 4. März 1913 erweitert. Vgl. *Wochenschr. f. kl. Philol.* 1913, 1040

2) Vgl. H. Kopp, *Beitr. z. Gesch. d. Chemie* (Braunschweig 1869) S. 44 ff. Jetzt das zusammenfassende Buch E. von Lippmanns: *Entstehung und Ausbreitung der Alchemie* (Berlin 1919) S. 287.

Form war, so lasen sie *chimiae* und behaupteten, dies stünde in den Hss. des Firmicus. Die neueste Forschung¹⁾ hat erwiesen, daß die ganze Stelle eine freche Interpolation des Magister Joh. Angelus ist, der 1488 in seinem *Opus Astrolabii* eine Lücke des Textes willkürlich ausfüllte; diese Erweiterung ist dann in eine Neapler Hs. und von da in die ersten Ausgaben (Venedig 1497 und 1499) übergegangen.

So bleibt also im wesentlichen nur Zosimos von Panopolis in Ägypten, einer der Hauptvertreter der Alchemie im 4. nachchr. Jahrh., als Zeuge für das Wort Chemie übrig. An eine später zu erwähnende jüdische Legende über den Ursprung der Scheidekunst knüpft er die Bemerkung, das erste Buch in dieser Art stamme von dem Propheten Chemes und daher habe die Chemie ihren Namen.²⁾

1) Iulii Firmici Materni matheseos libri VIII ed. Kroll, Skutsch, Ziegler. 2 Bde., Leipzig 1897. 1913. Vgl. über die große, durch den Fälscher ausgefüllte Lücke ebd. I 189, 8; v. Lippmann, *Chem.-Z.* 1914, 685 u. *Entst. d. Alch.* 288.

2) Zosimos b. Syncell. 24, 11 Dind. *ἔστιν οὖν αὐτῶν ἡ πρώτη παράδοσις Χημεῦ* [so die Hs., lies *Χήμων* d. i. *Χύμων* von dem Nominativ *Χύμης*] *περὶ τούτων τῶν τεχνῶν. ἐκάλεσε δὲ ταύτην τὴν βίβλον Χημεῦ* [1. *Χήμων* = *Χόμων*], *ἔνθεν καὶ ἡ τέχνη Χημεία καλεῖται*. Die Stelle lautet in der syr. Bearbeitung (etwa 5.—6. Jahrh.) nach Berthelot, *Chimie au moyen âge* II 230: *On appelle leur livre Chema (koumou) et c'est de là que la chimie (koumia) a reçu son nom*. Allein der Text heißt vielmehr wörtlich: „Sie waren lesend die Schriften des *Khumu* und hiervon wird die *Khumiä* genannt.“ Der Syrer las also *Χύμων* und *Χουμεία*. Die Form *Χεῖμα* als Titel des chemischen Urbuches scheint Cedrenus gelesen zu haben p. 629, 8 Bekk. (z. J. 515 n. Chr.) *τότε καὶ ἀνὴρ τις χεῖμευτῆς ἐκ τῶν τῆς Χεῖμης τεχνῶν εὐφυῆς ὦν ταῖς ἀπάταις ὀφθαλμοπλανῆσαι ὑπεδέεικνεν ἀργυροπράταις καὶ ἑτέροις χεῖρας καὶ πόδας ἀνδριάντων καὶ ἑτερα εἶδη χρυσῶ λέγων θησανρὸν ἐδρηκέναι καὶ πολλοὺς ἀπατήσας εἰς πενίαν ἤνεγκε*. *Χήμης* heißt der Heros Eponymos der Chemie bei Olym-piodor, dem Kommentator des Zosimos, Berthelot-Ruelle, *Alchem.* gr. 84, 12 (s. unten S. 116 Anm. 2). An anderen Stellen des Zosimos heißt der Name *Χύμης* 169, 9; 172, 17, dagegen *Χίμης* 182, 18; 183, 22 (Var. *Χύμης*). Hier heißt er *ὁ προφήτης*.

Die Versuche, das Wort aus dem Ägyptischen abzuleiten¹⁾, wonach es entweder Ägypten (als die schwarze Erde) oder die Schwärze bezeichnen soll, die als Urzustand der Metallverbesserung anzusehen und durch „Weißung“ und „Gilbung“ zum gewünschten Resultate der Goldmacherkunst hinführe, sind meines Erachtens vergeblich gewesen. Denn nach einem solchen Urworte *chēmī* suchen wir in den chemischen und alchemistischen Schriften vergeblich. Da die griechischen Chemiker schon in ihren ältesten Schriften, die wir kennen lernen werden, und so auch später in der byzantinischen Zeit, durch eine besonders schlechte Orthographie sich auszeichnen, so ist es ganz unsicher, ob in dem fraglichen Namen der Chemeia und des Propheten Chemes nicht statt des ersten *ē* ein *i* oder *y* zu lesen ist, da seit Anfang unserer Zeitrechnung in den ägyptischen vulgär überlieferten Texten diese Vokale wie im heutigen Neugriechisch übereinklingen. In der Tat finden sich in den Handschriften neben den Formen mit *ē* auch die mit *y* häufig überliefert. Von diesen auch beim Syrer überlieferten Formen *Chymes* und *Chymeia* ist nach meiner Meinung auszugehen. Freilich die Ableitung von *chymós* (Saft) führt nicht zum Ziel, da dieses in der Medizin und Botanik übliche Wort niemals von den Tränken und Säften der Goldmacher gebraucht wird. Wohl aber stellt ein zuerst in dem Hippokratischen Corpus von Metallen gebrauchtes, dann aber besonders in der Septuaginta und sonstigen aus Ägypten stammenden Schriften übliches Wort *Chyma*

1) Die eingehendste Darlegung der Etymologie mit dem sorgfältigst gesammelten Materiale gibt G. Hoffmann in Ladenburgs *Handwörterbuch der Chemie* II 518 u. d. Artikel Chemie. Es spricht sich für die Ableitung von dem ägyptischen *chēmī* (Schwarz, Schwärze) aus, ist aber im weiteren dem Wahren, das ich zu beweisen versuche, ganz nahe gekommen. Der Etymologie Hoffmanns hat sich neuerdings v. Lippmann a. a. O. S. 293 ff. mit Entschiedenheit angeschlossen.

(Metallguß) das Etymon dar, nach dem die Kunst des Metallgießens, die im Mittelpunkt nicht der späteren Alchemie, wohl aber der antiken chemischen Technik stand, und zahlreiche Ableitungen benannt sind.¹⁾ Die Chemie oder, wie man richtiger sagen müßte, die Chymie ist also zunächst die Kunst des Metallgusses, wie das durch den Inhalt der antiken literarischen Überlieferung und die legendenhaften Erzählungen über den Ursprung der Kunst bestätigt wird.

Derselbe Zosimos nämlich, den ich eben für die Etymologie des Namens „Chemie“ anführte, berichtet über

1) Diese Etymologie hat, wie ich nach Veröffentlichung der ersten Auflage erfuhr, zuerst Stephanides aufgestellt. Vgl. dessen *Ψαμμοργική καὶ Χυμεία*, Mytilene 1909 (Kuhns *Z. f. vergl. Sprachf.* 47, 193). *Χύμα*, das nach Hippocr. de arte 12 zuerst in den delischen Inventaren (*χύμα χρυσοῦν*) und in Oropos im 3. Jahrh. v. Chr. erscheint (wie ich Hermes 48, 402 nachwies), gebraucht der alexandrinische Geograph Agatharchides (um 150 v. Chr.), wo er von der Goldbearbeitung in technischen Ausdrücken redet, de mari Erythr. 28 (128, 12) *ἀπὸ δὲ τοῦ χρυσοῦν τὸ χύμα βραχείαν εὐληφὸς ἀπονείαν ἀπὸ τοῦ ψήγματος*. Über *ἀπονεία* s. *Abh. d. Berl. Ak. (phil.-hist. Kl.)* 1913 n. 3 S. 10². Von einer Honigmasse sagt Diodor 17, 75, 7 *χύμα διάφορον τῇ γλυκύτητι*. Dann übertragen in der Septuaginta öfter und bei Aristes 14, 277. Von *χύμα* wird nun zunächst *χυμεῖν* abgeleitet. Zwar sind die Verba auf *-εῖν*, die von Neutris auf *-μα* abgeleitet werden, nicht häufig (Fränkel, *Denominativa* S. 194), aber sie fehlen keineswegs: *δραγμαεῖν* schon bei Homer Σ 255 zu *δράγμα*, *σαρμεῖν* tab. Heracl. Collitz 46, 29, I 136. Wie hier zur Unterstützung der Ableitung neben *σάρμα σαρός* liegt, so liegt neben *χύμα χυμός*, was die Ableitung begünstigte. Davon ist nun *χυμεία*, *χυμευσις*, *χυμεντής*, *χυμεντικός* und der fabulöse *Χύμης* abgeleitet worden. Die Grundbedeutung scheint in einigen Wendungen noch durchgeföhlt zu werden, z. B. was Suidas aus Joannes Antiochenus s. v. *χημεία* über die Diokletianische Verfolgung berichtet: *ὅτε δὴ καὶ τὰ περὶ χημείας χρυσοῦ καὶ ἀργύρου τοῖς παλαίοις αὐτῶν* (der Agypter) *γεγραμμένα βιβλία διερευνησάμενος ἔκασσε*. Auch der etwa unter Diokletian lebende Verfasser der Pseudo-Klementinischen Homilien VIII 14 schreibt den gefallenen Engeln u. a. die Erfindung des Metallgusses zu: *χρυσοῦ καὶ ἀργύρου καὶ τῶν ὁμοίων χύσιν*. S. S. 126 Anm. 2

die Uranfänge dieser Kunst eine eigentümliche Sage.¹⁾ Danach stamme diese Wissenschaft von den bösen Engeln ab, welche nach der Vertreibung des ersten Menschenpaares aus dem Paradiese mit den Töchtern des Landes buhlten und als Entgelt dafür diesen alle Geheimnisse der Natur offenbarten. Diese Legende knüpft an die Erzählung der Genesis an, wo es im 6. Kap. heißt: „Da sich aber die Menschen begannen zu mehren auf Erden und zeugeten ihnen Töchter, da sahen die Kinder Gottes nach den Töchtern der Menschen, wie sie schön waren, und nahmen zu Weibern, welche sie wollten . . . Es waren auch zu den Zeiten Tyrannen auf Erden; denn da die Kinder Gottes mit den Töchtern der Menschen verkehrten und ihnen Kinder zeugeten, wurden daraus Gewaltige in der Welt und berühmte Leute.“ Aus diesem Keime hat die jüdische Legende in den letzten Jahrhunderten v. Chr. eine ausführliche Erzählung gestaltet, die in dem teilweise in griechischer Übersetzung erhaltenen Buche Henoch ihren Niederschlag gefunden hat. Dieser jüdische Dante erzählt dort in Kap. 6 den Abfall der 200 Engel, die zu den Menschentöchtern herabstiegen, um sie als Entgelt für ihre Hingabe Zaubermittel, heilbringende Wurzeln und Pflanzen zu lehren. Einer von den Engeln namens Asasēl²⁾ lehrte die Menschen die Bereitung von Schwertern, Schilden und Panzern, zeigte ihnen die Metalle und ihre Bearbeitung, unterwies sie in der Verfertigung von Armspangen, Schmucksachen, Augenschminken, im Gebrauch und der Bearbeitung der Edelsteine und in der Bereitung von Färbemitteln. „So herrschte viel Gottlosigkeit“, schließt

1) A. a. O. S. 23, 21f.

2) Ἀσαήλ oder Ἀσαλοήλ heißt er in dem Auszug bei Georg. Sync. I 20, 20: 21, 13 ed. Dindorf.

der Bericht; „sie trieben Unzucht, gerieten auf Abwege, und alle ihre Pfade wurden verderbt.“¹⁾

In dieser später oft wiederholten Legende²⁾ ist ein Doppeltes zu beachten. Einmal werden hier in den Erfindungen des bösen Engels Asasēl die Metalle, Edelsteine und Färbemittel hervorgehoben und als Inbegriff der später „Chemie“ genannten Technik zusammengefaßt, und diese Technik selbst wird als etwas Verruchtes, als eine Art Teufelswerk hingestellt. Beides erklärt sich aus der literarischen Form, in der die antike Chemie in der alexandrinischen Welt in die Erscheinung trat. Der Verf. des Henochbuches gibt somit die Resonanz der im Ausgang der hellenistischen Zeit herrschenden Anschauung wieder, und diese ist beeinflußt durch ein umfassendes Universalwerk naturwissenschaftlich-technischen Inhalts, das den großen Namen des Demokrit fälschlich an der Stirn trägt und die ganze naturwissenschaftliche, landwirtschaftliche, medizinische und technische Literatur der Folgezeit bis zum Ende des Mittelalters beherrscht hat. Dieses Werk ist um das Jahr 200 v. Chr. in Ägypten entstanden und stellt die Zusammenfassung des gesamten chemisch-technischen Wissens dar,

1) Übers. v. G. Beer in Kautzsch, *Apokryph. u. Pseudopigr. d. A. Test.* II 239 ff.

2) Am ausführlichsten ist die Darstellung in den Pseudoklementinischen Homilien VIII 12 (S. 89 Lagarde). Hier verwandeln sich zuerst die gefallenen Engel in Edelsteine, Perlen, Purpur, Gold usw., die in den Besitz der Menschen gelangen und dort teuflische Hoffart erregen. Auch in vierfüßige Tiere und Reptilien verwandeln sie sich, ehe sie wieder in Menschengestalt die Weiber verführen und ihnen als Entgelt für die ihnen gewährte Liebesgunst die schwarzen Künste der Magie, die Fundstätten und Bearbeitung der Edelmetalle und Edelsteine samt der Kenntnis der Pflanzen und aller Naturwissenschaft vermitteln. Hier scheint das Programm der demokritischen Enzyklopädie noch deutlicher durch als im Henochbuch. Auch die monistische Tendenz, welche das treibende Ferment der alchemistischen Theorie ist, wird hier angedeutet c. 12 Schluß: ἐνι τοίνυν τὰς πάντων πολλὰς καὶ διαφόρους πράξεις ἀπονέμοντες

das aus Orient und Okzident, aus den großen Bibliotheken und Tempeln Ägyptens, aus griechischen und nichtgriechischen Quellen in Alexandria, dem Mittelpunkt des damaligen Welthandels und der dortigen Weltindustrie, zusammenströmte. Der Verfertiger dieser Sammlung ist ein gewisser Bōlos, der zwischen Theophrast und Poseidonios (etwa 250—150 v. Chr.) aus griechischer Wissenschaft, ägyptischer Technikerpraxis und altpersischen Schwindelschriften, die Osthanes und Zoroaster zugeschrieben werden, eine große naturwissenschaftliche Enzyklopädie verfaßt hat, die Menschen, Tiere, Pflanzen, Metalle und Steine umfaßte.¹⁾ Es führt, wie uns Suidas berichtet, den Titel „Über Sympathie und Antipathie der Lebewesen, Pflanzen und Steine“²⁾ und behandelt ein ungeheures Notizenmaterial mit der ausgesprochenen Absicht, die inneren Zusammenhänge der verschiedenen Naturreiche in der Sympathie und Antipathie ihrer Phänomene aufzudecken, was natürlich nur mit krassestem Aberglauben und phantastischer Willkür geschehen konnte. Der Verfasser hat nun dies Werk unter dem Namen des Abderiten Demokritos veröffentlicht, der durch die Vielseitigkeit seiner Interessen und seine angebliche Berührung mit orientalischer Urweisheit als ein besonders geeigneter Vertreter dieser Geheimwissenschaften erschien. So sind denn aus dieser Quelle eine Reihe von Auszügen und Bearbeitungen ge-

1) S. M. Wellmann in Pauly-Wissowa III 676 (1897). Er hat seine Quellenuntersuchungen seitdem weiter ausgedehnt und glaubt dadurch das ganze katalogartig, d. h. innerhalb der einzelnen Abteilungen alphabetisch geordnete Buch rekonstruieren und dessen Abfassungszeit näher bestimmen zu können (etwa 180 v. Chr.). Es ist zu wünschen, daß diese wichtige Untersuchung bald vorgelegt werde. Ich habe aber schon jetzt einige private Mitteilungen des gelehrten Forschers dankbar benutzen dürfen.

2) Suid. s. v. Βῶλος: Περὶ συμπαθειῶν καὶ ἀντίπαθειῶν <ἀνθρώπων, ζῴων, φυτῶν> λίθων.

flossen, unter denen namentlich für die Chemie und die in der Kaiserzeit im stillen sich ausbildende Alchemie ein vierbändiger Auszug aus dem der „Färberei“ gewidmeten Teile der Enzyklopädie (*βιβλοι βαφικαί*) wichtig geworden ist, der den Titel trug „Demokrits Physik und Mystik“.¹) Leider sind von diesem Werke nur lückenhafte und durch spätere Zutaten schlimm entstellte Bearbeitungen auf uns gekommen, so daß es nicht mehr möglich ist, den Urzustand der Bücher mit Sicherheit festzustellen.²) So ist z. B. hier³) die Rede von einem *Claudianum* (*κλανδιανόν*), worunter die Alchemisten alles mögliche verstehen.⁴) Jedenfalls ist der Name vom Kaiser Claudius abgeleitet. Auch späte, erst in der frühbyzantinischen Zeit nachweisbare Fremdwörter wie 'Lack'⁵) fallen auf, von stilistischen An-

1) *Δημοκρίτου Φυσικά καὶ μυστικά*. Vgl. Vorsokr. II³ 130, 23 ff.

2) Über dieses Grundbuch der Alchemie wie über seine Ausläufer orientieren am besten Rieß in Pauly-Wissowa, *R.-Enc.* (Art. *Alchemie*) I 1342 ff. und in Hastings, *Encyclop. of Religion* V (Art. *Alchemy*) I 288 sowie v. Lippmann a. a. O. S. 29 ff. Die griechischen Texte liegen in der schlechten Rezension von Ruelle vor in Berthelots *Collection des anciens Alchimistes grecs* (Paris 1887, 1888) mit Berthelots Einleitung und einer französischen Übersetzung der Texte. Die syrisch-arabischen Texte, die ebenfalls Auszüge aus Demokrit (durch Zosimos) enthalten, in desselben *La Chimie au moyen âge* (mit franz. Übersetzung von Duval) B. II (Paris 1893). S. darüber Rieß in den „Beiträgen dem Gedächtnis von Kahlbaum gewidmet“ (Leipzig-Wien 1909) S. 227 ff. Proben dieser Schwindelliteratur gebe ich in den *Vorsokr.* II³ 150 ff.

3) Berthelot, *Collect.* I 44, 21.

4) Vgl. das alchem. Lexikon in Berthelots *Coll.* I 9, 18; Lippmann a. a. O. 44, 45, 217.

5) 42, 14 Berth. *ἔστι δὲ ὁ τῆς Παλατίας σκόληξ καὶ τι τῆς Ἀρχαίας ἄνθος*, ὃ καλοῦσιν λακκάν (*anchusa tinctoria*, Alkanna). Dafür hat der Pap. Holm. noch das gr. *ἄγχουσα* 3, 37 u. d. S. unten S. 145 A. 2. Das aus dem Indischen direkt (nicht durch Persien) hergeleitete Fremdwort, das der Prakritform *lakkhā* entspricht, findet sich in der Form *lacca* bereits in den sog. *Compositiones* des aus dem 8. Jahrh. stammenden Codex von Lucca. Diese lateinische Rezeptsammlung, die von der *Mappe clavícula* und anderen Kompilationen des Mittelalters benutzt ist, beruht auf frühbyzanti-

stößen zu schweigen, die auf der vernachlässigten Überlieferung dieser Schriften beruhen mögen. Jedenfalls aber darf man diese und die andern Schriften des Corpus nur als mannigfach umgestaltete Brechungen des alten Boloswerkes ansehen.

Leider sind aus der hellenistischen Zeit nur wenige Zeugnisse erhalten, die uns über den Inhalt der den Physica zugrunde liegenden Schrift des Bolos sichere Auskunft geben, aber aus Poseidonios¹⁾ ergibt sich, daß dieser, ohne an der Autorschaft des Demokrit Anstoß zu nehmen, außer anderen technischen Erfindungen auch die künstliche Herstellung von Edelsteinen dem Philosophen zuschreibt. Da nun im Stockholmer chemischen Papyrus, von dem später Genaueres zu berichten ist, die Herstellung des unechten Smaragdes in ganz ähnlichen Worten eingeleitet wird²⁾, so darf man nicht daran zweifeln, daß das Werk des Bolos-Demokritos einen Abschnitt über Edelsteine und deren künstliche Herstellung enthalten hat, wie ja auch der im Papyrus gleich zu Anfang genannte Anaxilaos die Herkunft der Silberfälschungrezepte α 1 und 12 aus Demokrit ausdrücklich bezeugt. Auch Plinius führt die erwähnte Herstellung des Smaragdes aus Kristall an und sagt, daß es Bücher über diese Fälscherkünste gäbe, die er aber nicht nennen wolle.³⁾ Zu den zwei so festgestellten Büchern

nischen griechischen Originalen. Somit steht die Übernahme des indischen Wortes mindestens für das 7. Jahrh. sicher. Sie kann aber auch sehr viel älter sein.

1) Senec. ep. 90, 33.

2) Seneca a. O.: *quemadmodum decoctus calculus in smaragdum converteretur, qua hodieque coctura inventi lapides <ad> hoc utiles colorantur.* P. Holm. Ta 37 οἱ δὲ ἐπιτήδαιοι πρὸς βαφὴν λίθοι χρυσόσταλλος . . . πνολίτης. Dem calculus entspricht hier λιθάριον ε 4 u. oft wie λίθοι dem lapides.

3) Plin. 37, 197 *exstant commentaru auctorum, quos non equidem demonstrabo* (aus Anaxilaos).

des Demokrit über Silber und Edelsteine (mit denen die Perlen zusammen behandelt werden) kommen nach den späteren Exzerpten noch eines über Gold und eines über Purpurfärberei hinzu. Man sieht, daß hier ungefähr derselbe Inhalt chemischer Lehre umrissen wird, der bereits im Henochbuch als die verhängnisvolle Morgengabe des gefallenen Engels Asasēl erwähnt wird. Man sieht ferner, daß diese Schrift, wie fast die gesamte alchemistische Literatur, ein Doppelangesicht trägt: es finden sich darin einmal wirklich technisch mögliche, zu einem bestimmten Zwecke dienliche Prozesse und Bearbeitungen beschrieben, und dicht daneben, wenn wir den Auszügen des chemischen Corpus Glauben schenken, eine Wolke naturphilosophischer und gnostischer Mystik, verbunden mit religiösen Formeln, philosophischen Schwindelzitate, okkultistischer Zauberei und Magie, kurz, ein wahrer Höllenbräu von Sinn und Unsinn, griechischer Gnosis und orientalischer Superstition, wie dergleichen nur aus dem synkretistischen, Orient und Okzident verbindenden Kulturzustande der alexandrinischen Welt sich erklärt. Ein ähnlicher literarischer Niederschlag wie die alchemistischen Schriften sind die astrologischen Schriften des Nechepso¹⁾ und Petosiris und die Hermetischen Schriften, die in ihren Anfängen, wie die neueren Forschungen gezeigt haben, in die vorchristliche Zeit Alexandriens hinaufreichen²⁾, wie denn Zosimos, der berühmteste Alchemist der späteren Zeit (4. Jahrh. n. Chr.), in seinem dicken Buch „Imūth“, das er seiner ‘Schwester’ Theosebeia widmete, sich ganz mit dem Geiste und den Formen dieser Theosophie erfüllt hat.

Unter den tiefsinnigen Sprüchen, die der angebliche

1) Vgl. Rieß, *Philol.* VI Suppl.; Usener, *Kl. Schrift.* II 254.

2) Kroll, *N. Jahrb. f. kl. Phil. und Päd.* VII 559; Reitzenstein, *Poimandres* S 4 ff.

Demokrit aus dem Munde seines Lehrers, des alten Magiers Osthanes, vernommen haben will, ist einer der berühmtesten, der die Goldmacherliteratur bis in die Neuzeit beherrscht hat¹⁾:

Eine Natur freut sich der andern,
Eine Natur vergewaltigt die andre,
Eine Natur besiegt die andre.²⁾

Der Zauberspruch soll die Urverwandtschaft aller Stoffe zueinander und die Möglichkeit, aus dem einen durch geeignete Operationen den andern zu gewinnen, verdeutlichen. Da die Alchemie von ältester Zeit her sich mit der Verwandlung der Metalle ineinander beschäftigt und hinter das Geheimnis kommen will, aus Kupfer Silber und aus Silber Gold zu machen, so versteht man die Wichtigkeit, die jenem magischen Spruche beigemessen wird. Diese ganze Goldmacherkunst begreift sich nur, wenn man weiß, daß in Ägypten, wie überhaupt in der Antike, das Elektron, eine in der Natur häufig vorkommende hellgelbe Goldsilberlegierung, eine große Rolle spielt. Wie man nun aus diesem Elektron (ägyptisch *asem*, in der griechischen Alchemie *ἄσημος*) durch Abscheiden sowohl reines Silber wie reines Gold machen kann, so glaubte man überhaupt durch die Scheidekunst jedes Metall in jedes überführen zu können.

Diese aus der Technik der Metallbearbeitung geschöpften empirischen Anschauungen erhielten in Ägypten im Zeitalter der Wissenschaften ein gelehrteres Gepräge als die griechische Philosophie im 3. Jahrh. v. Chr. dort einströmte. Die Einheit der Materie, die ein Grundsatz der

1) Kopp, *Beitr. z. Gesch. d. Chemie* I 108; Useneri a. a. O. Der Spruch wird übrigens von Firmicus dem Nechepso beigelegt. Astrologie und Alchemie und ihre angeblichen Urväter reichen sich die Hände.

2) *Vors.* 55 B 300, 17 (II⁸ 131, 6) ἡ φύσις τῇ φύσει τέρεται καὶ ἡ φύσις τὴν φύσιν κρατεῖ καὶ ἡ φύσις τὴν φύσιν νικᾷ



Abb. 47.

alten ionischen Naturphilosophie von Thales an war, die Überzeugung, daß alle Stoffe nur Modifikationen des einen Urstoffes seien, die ineinander übergehen könnten, vom Feuer zur Luft, von der Luft zum Wasser, von dem Wasser zur Erde und umgekehrt, ist der ganzen antiken Physik mit wenigen Ausnahmen eigentümlich.

Selbst Platon und Aristoteles, die der Empedokleischen Lehre von den vier festen Elementen sich anschließen, lassen Übergänge dieser Aggregatzustände ineinander zu.¹⁾ Aber das Hauptsymbol der späteren Alchemie ist doch das eleatische *Ἐν τὸ πᾶν*, wie es Olympiodoros in seinem Kommentar zu Zosimos verkündet: „Chymes²⁾ schloß sich an Parmenides an, wenn er sagte: Eins ist das All, durch das Eins existiert das All. Denn hielte das Eins nicht das All, so wäre das All nichts.“ Daher figuriert in dem alchemistischen Corpus dieses *Ἐν τὸ πᾶν* eingeschlossen in die ägyptische Schlange, die sich in den Schwanz beißt³⁾, als das Urmysterium (Abb. 47).

Bis vor kurzem hat man dieser Alleinsspekulation wenig positiven Wert zugesprochen. Wenn irgend etwas in der modernen Chemie feststand, so war es der Satz, daß die Elemente, deren man gegen 70 allmählich festgestellt hatte, nicht ineinander übergehen können, sondern unter allen Umständen ihre Konstanz behalten. Allein die neuesten Erfahrungen mit dem Elemente Radium, das sich bei der Emanation allmählich in das Element Helium zu ver-

1) Prantl, *Deutsche Vierteljahresschrift* (Stuttg. 1856) 135ff.; v. Lippmann, *Abh. u. Vortr.* I 107; II 55. 140; *Entst. d. Alch.* 134ff.

2) Der Heros Eponymos der Chemie, den Zosimos (s. oben S. 122 Anm. 2) aufgestellt hatte.

3) Paris. 2327 f. 196^r (Berthelot, *Alchim.* 21, 21) τοῦτο γὰρ ἐστὶν τὸ μυστήριον ὃ οὐροβόρος δράκων

wandeln scheint, deuten auf eine Zerfallsmöglichkeit gewisser Elemente, an die man früher nicht denken konnte. Der gleiche Stoff Radium hat noch eine Reihe anderer fester Umwandlungsprodukte (Radium A bis F), und man meint, daß das letzte Umwandlungsprodukt mit dem Elemente Blei identisch sein müsse.¹⁾ Diese Untersuchungen sind noch zu neu, um als sichere Grundlage der Wissenschaft betrachtet werden zu können. Aber sie lassen doch die monistischen Träume der alten Chemiker in milderem Lichte erscheinen. Die Operationen freilich, welche die Schriften des griechischen Chemikercorpus in größtenteils unverständlichem und unverständlichem Schwulst vorschreiben, um die Ursubstanz, das heilige Wasser ($\theta\epsilon\iota\omicron\nu\ \upsilon\delta\omega\rho$)²⁾ oder den Stein der Weisen ($\lambda\acute{\iota}\theta\omicron\varsigma\ \tau\eta\varsigma\ \phi\iota\lambda\omicron\sigma\sigma\omicron\phi\iota\alpha\varsigma$) zu bereiten, haben keinen technischen Wert. Es sind meist hirnverbrannte Spekulationen betrogener Betrüger, denen keine wirklichen Erfahrungen zugrunde liegen.

Anders liegt es mit einer Reihe von technischen Rezeptbüchern, die zwar auch aus derselben Urquelle wie jenes Corpus gespeist sind und den vermeintlichen Demokritos und dessen spätere Bearbeiter zitieren, die aber den theosophischen, philosophischen und miraculösen Dunst, den jenes Corpus atmet, durchaus beiseite lassen und auf das technisch Brauchbare oder wenigstens scheinbar Brauchbare beschränken.

Man darf daraus nicht schließen, wie es in neuerer Zeit öfter geschehen ist³⁾, daß dem alten Urcorpus des Bolos jegliche Mystik wenigstens in dieser chemischen

1) Vgl. darüber z. B. Weinstein, *Die Grundgesetze der Natur* (Leipzig 1911) S. 44.

2) Das wegen des Gleichklangs mit $\theta\epsilon\iota\omicron\nu$ (Schwefel) auch mit gewissen flüssigen Schwefelverbindungen identifiziert wird.

3) Ingeborg Hammer-Jensen, *Deux papyrus à contenu d'ordre chimique* in den *S.-Ber. d. Dän. Ak. d. W.* 1916, 279ff.

Abteilung gefehlt habe. Denn auch die mittelalterlichen Auszüge daraus, welche doch die Mystik der byzantinischen Alchemie zur Voraussetzung haben und Jahrhunderte nach den ältesten uns erhaltenen wirklich alchemistischen Schriften, namentlich dem großen Corpus des Zosimos, verfaßt sind, ignorieren dieses Element fast vollständig (*Compositiones* aus d. 8. Jahrh., *Mappae clavicula* im 10.—12. J. verf., Marcus Graecus, 12. J.). Diese Rezeptbücher wie die beiden antiken Papyri sind von Praktikern zu praktischen Zwecken veranstaltet. Umgekehrt sieht die spezifisch alchemistische Literatur des Chemikercorpus leider nur allzusehr von eingehender Mitteilung der Rezepte ab, da es diesen 'Philosophen' vor allem um den 'Stein der Weisen' und das 'göttliche Wasser' zu tun ist. Was sie dann aber an chemischen Rezepten mitteilen, wird durch Decknamen, schwulstige Umschreibungen und mystischen Dunst so eingehüllt, daß man deutlich die Absicht sieht, das Mysterium der 'heiligen Kunst' mehr zu verbergen als zu offenbaren. Daher werden alchemistische Autoren, die zu offen vorgehen, in diesen Kreisen geradezu getadelt¹⁾, dagegen

1) Syncell. I 471 Dind. ἀλλ' οὗτοι μὲν Δημόκριτος καὶ Μαρία ἐπηνέβησαν παρὰ Ὀσάρον (der als Lehrer der späteren magischen Chemiker gilt) ὡς πολλοῖς καὶ σοφοῖς αἰνίγμασι κρύψαντες τὴν τέχνην, Παμμένους δὲ κατέγνωσαν ἀφθόνως γράψαντος. Als Demokritos gilt der Verfasser der *Φυσικὰ καὶ μυστικά*, der bereits den alten Bolos-Demokritos in dieser einseitigen Weise umgearbeitet hat. Maria die Jüdin, wird von Zosimos als Schwester des Moses bezeichnet, die aus Kupfer und Blei die Viereinigkeit der Metalle, d. h. das 'Ei der Philosophen' herstellt, aus dem alles zu machen ist. Sie hat zwar mancherlei chemische Apparate beschrieben, ist aber an dem ihr zugeschriebenen „Marienbade“ unschuldig. Lippmann a. a. O. 46 ff. Endlich Pammenes (*Παμμένης*, *Pa-men* „der des Men“, d. h. des Menes) kann nicht identisch sein, wie mich Dr. Möller belehrt, mit Phimenas (*Φιμήνας* = *Φιμήνης*, gräzisiert aus *Ἡρι- mén* „der Apis bleibt“) aus Saïs, den der Leidner Papyrus col. II, 15 als Quelle nennt (Leemans, *Pap. gr.* II 23³). Denn wenn auch *Πα-μένης* wie andere derartige Namen mit *Πι-μένης* (P. M. Meyer, *Gr. Texte aus Aeg.* S. 131 n. 10, 3) abwechseln kann und

‘Demokrit’ und ‘Maria’ wegen ihrer klugen Rätselsprache gelobt.

Wenn nun jener Osthanes (S. 127) so oft als der eigentliche Urmeister der ganzen Magie und besonders der alchemistischen Geheimweisheit in den späteren chemischen Schriften erscheint, so sehen wir aus Plinius¹⁾, daß diese Tradition keineswegs auf die dunklen Jahrhunderte der späteren Kaiserzeit und des Byzantinismus beschränkt ist. Vielmehr kennen auch bereits die vor Plinius lebenden Autoren der okkulten Wissenschaften diesen Osthanes und den zauberhaften Magierdunst seiner orientalischen Weisheit. Es wäre bare Willkür, wollte man diesen mystischen Charakter nur dem ersten Teile der auf Osthanes und andere Schwindelautoren sich berufenden Abteilung der pseudodemokritischen Enzyklopädie des Bolos zusprechen, der sich mit dem Menschen und seinen Krankheiten²⁾, den Tieren und Pflanzen beschäftigt, während der zweite Teil des Werkes, der die anorganische Natur behandelt und sich über das Reich der Metalle, Edelsteine, Perlen und die Purpurfärberei erstreckt, rein technisch und ohne Mystik behandelt gewesen wäre. Denn die orientalische Superstition hat doch gerade an diese Kostbarkeiten von alters her sich besonders angehängt. Warum soll also wegen der beiden chemischen Rezeptbücher, die (wie das dort auch benutzte Arzneibuch des Dioskurides) rein technisch

Φι statt ΙΙι dem unterägyptischen Dialekte verdankt würde (Sais), so ist doch das Eta gegen die Gleichsetzung. Dagegen ist Pammenes wohl identisch mit dem bei Tacitus Ann. 16, 14 und Aelian H. Nat. 16, 42 genannten ägyptischen Astrologen, der auch um naturgeschichtliche Mirabilien sich kümmerte.

1) Nat. Hist. 30, 8.

2) Diese Abteilung scheint den Namen *Χειρόμνητα*, d. h. künstlich hergestellte Heilmittel im Gegensatz zu den *ἐμπόριστα* (einfache Hausmittel), getragen zu haben. S. Oder, *Rh. Mus.* 45, 72. *Vorsokr.* II³ 125. Ich halte nicht mehr daran fest, daß *Χειρόμνητα* zum Generaltitel gehört.

gehalten sind, auch das große Urwerk gerade das in dieser Abteilung beiseite gelassen haben, was den mit dem alexandrinischen Pythagoreismus offenbar eng verbundenen Verfasser Bolos¹⁾ besonders anziehen, was ihm in seiner Zeit eine hervorragende Verbreitung seines Werkes verbürgen mußte? Das Wesen dieses Pythagoreertums ist wesentlich romantische Mystik und literarische Schwindelei. Uralte Gewährsmänner, Propheten und Wundermänner werden aufgeboten und das greulichste Mirakelwesen aller Länder und Zeiten mit Bienenfleiß zusammengetragen und mit eigenen Erfindungen verquickt.

Nun hat mich aber M. Wellmann, der wie kein zweiter die ungeheure Wirkung dieser naturhistorischen Schwindelliteratur bis in die byzantinische Zeit hinein verfolgt hat, auf eine Stelle des von ihm herausgegebenen Aelius Promotus hingewiesen, der zu Hadrians Zeit eine Naturheilkunde (*Ἱατρικὰ φυσικά*) geschrieben hat.²⁾ Hier wird ein Rezept gegen Fieber erwähnt, das er seinen Lehrer Ostanes selbst bereiten sah. Er stellte Bleifeile mit Hauswurz in den Ofen und bereitete so das Gegenmittel. Nach unseren modernen Anschauungen müßte man annehmen, Aelius sei wirklich bei einem Arzt oder Apotheker, Ostanes geheiß, der also um das Jahr 100 n. Chr. gelebt haben müßte, in die Lehre gegangen. Aber die Autorenethik des 2. Jahrh. war sehr merklich von der unsern verschieden. Alles, was nur irgend Anspruch auf Bildung machte, schrieb, aber man schrieb ab und suchte durch pikante Aufmachung, geschickte Verdeckung der wirklich benutzten Autoren und Prunk mit fabelhaften Autoritäten und entlegenen Zitaten das lesewütige Publikum jener Zeit zu befriedigen.³⁾

1) *Sitz. d. Berl. Ak.* 1891, 393.

2) *Sitz. d. Berl. Ak.* 1908 S. 776, 15.

3) Beispiele sind Gellius, Pausanias, Apuleius, Diogenes Laertius.

Vor allem aber spielen sie sich mit Autopsie auf, wo sie einfach einen älteren Gewährsmann ausschreiben. Mit der Mystik steht, wie die Erfahrung aller Zeiten lehrt, der Betrug im engsten Bunde. Wie die Mystiker der Peisistratidenzeit unter der Maske uralter Propheten eine ganze Pseudoliteratur ins Leben gerufen haben, wie Bolos in der alexandrinischen Epoche ähnliche Schwindelbücher im großen Maßstabe fabrizierte, so verfuhrten auch die Schwindler des 2. nachchristlichen, in Romantik und Mystik versunkenen Jahrhunderts in einer Weise, die nicht weit von Betrug entfernt ist. Aelius also, dessen abergläubische Rezepte den Charakter des Verf. zur Genüge dartun, der neben Bolos-Demokrit auch den famosen Nechepso als Zeugen aufruft¹⁾, hat ganz gewiß keinen leibhaften Lehrer namens Ostanos gehabt (wie sollte jemand auch den infamen Namen des alten Magiers²⁾ im Ernste sich haben beilegen wollen?), sondern er hat einfach diese renommierende Autopsie wörtlich aus Demokrit abgeschrieben, der ja so oft auch in den römischen Exzerpten sich auf diesen Lehrer der Magie beruft. Wie wenig sich solche zum Aberglauben neigende Naturen ein Gewissen daraus machen, sich die Maske des ausgeschriebenen Gewährsmannes vorzubinden, zeigt ein vornehmer Römer aus Theodosius' Zeit Marcellus, der in seiner von kindischem Aberglauben triefenden Rezeptsammlung z. B. einen gewissen Valens als seinen Lehrer bezeichnet³⁾, während diese ganze Stelle aus Scribonius (94) stammt. Ebenso ist ein angebliches Erlebnis⁴⁾ wörtlich aus Scribonius abgeschrieben.

Man darf sich also durch diese Schwindler, die für ihr

1) c. 96 *Berl. S. Ber.* 1908, 723.

2) Bei Plin. *Nat. h.* 28, 5 heißt *ei eversor iuris humani monstrorumque artifex*.

3) 16, 8 *praeceptoris nostri Valentis*.

4) 9, 31 *ego ipse diu vexatus auris taedio etc*

betrügerisches Handwerk sich mit Recht auf den Urfälscher Bolos berufen können, nicht ernst nehmen und etwa einen leibhaftigen Schriftsteller Osthanes in hadrianischer Zeit oder einen Alchemisten Demokritos III neben dem uns faßbaren Demokritos II des Bolos annehmen. Es genügt anzunehmen, daß die einheitliche Ursammlung im Laufe der Zeit vom 1. Jahrh. v. Chr. an in verschiedener Weise ausgezogen, umgearbeitet und erweitert worden ist. Die Verfasser dieser Brechungen sind uns teilweise bekannt, teilweise anonym oder pseudonym, aber mit Ausnahme der rein handwerksmäßigen Rezeptbücher der beiden Papyri segeln sie im Fahrwasser der neupythagoreischen Mystik, die von Bolos ausgeht, vor allem in den geheimen Konventikeln dieser Sekte gepflegt ward, und die schon zu Ciceros Zeiten in Nigidius Figulus einen angesehenen, aber doch von den meisten mit Scheu betrachteten Vertreter besaß. Zu diesen Kreisen gehörte auch jener Anaxilaos, der als vermittelnder Autor des Boloswerkes auch von dem Stockholmer Papyrus anerkannt wird. Wie soll dieser wegen Zauberei verbannte Pythagoreer nun gerade in dem chemischen Teile seiner Exzerpte den harmlosen Techniker herausgekehrt haben?

Ich muß daher durchaus an meiner Grundanschauung festhalten, daß der mystische Charakter der antiken Chemie, also was wir Alchemie nennen, aus hellenistischer Zeit und zwar aus den pythagoreisierenden Kreisen Ägyptens stammt. Hier ist ja auch in jener Zeit die durch den Namen Nechepso gekennzeichnete ägyptische Bearbeitung der chaldäischen Sterndeuterei entstanden, der seinen ehrwürdigen Namen dem Grundbuche der Astrologie leihen mußte¹⁾, die auch von unserem Bolos bearbeitet zu sein scheint.²⁾

1) S. oben S. 131 Anm. 1.

2) Suidas nennt im Artikel *Bōλος* seine Schrift *Περὶ σημείων τῶν*

Es ist nun Zeit, sich den glücklich erhaltenen beiden ältesten Urkunden der Chemie, den aus dem 3. Jahrh. n. Chr. stammenden Papyri zuzuwenden, welche 1828 in Ägypten beim Aufdecken eines thebanischen Grabes gefunden worden sind, das einst offenbar die Leiche eines großen Freundes der Zauberliteratur und der okkulten Wissenschaften in sich geschlossen hat.¹⁾ Mit einigen magischen Rollen, die Zauberbeschwörungen enthalten, sind nämlich zwei chemische Codices zusammen gefunden worden, die wie die sonstigen dort entdeckten Papyri aus dem 3. nachchr. Jahrh. stammen. Am Ende dieses Jahrhunderts hatte Diokletian, der eben erst einen blutigen Aufstand der Ägypter hatte niederschlagen müssen (297), die alten Goldmacherbücher verbrennen lassen, um den dortigen Bewohnern die Mittel zu nehmen, sich durch Anwendung dieser geheimen Künste, d. h. durch Verfälschung des vollwertigen Edelmetalls zu Münzzwecken, betrügerisch zu bereichern.²⁾ Zu diesen verrufenen Büchern gehören nun die beiden chemischen Codices, die vielleicht der Besitzer, um seinen Erben Ungelegenheiten zu ersparen, sich hatte mit in sein Grab legen lassen. So ist denn dieser ganze Schatz okkultur Weisheit im Wüstensand über 15 Jahrhunderte ver-

ἐξ ἡλίου καὶ σελήνης καὶ ἀρκτοῦ καὶ λύχνου καὶ ἱριδός. Vgl. Rieß in Pauly-Wiss. *Realenc.* II 1815, 7. Übrigens hat sich auch Nechepso im Buch XIV seiner astrologischen Schrift mit den zauberkräftigen Steinen befaßt (Galen. XII 207).

1) Daß diese beiden Papyri einst zusammen gehörten, zeigt nicht bloß ihre Erwerbung durch denselben Anastasy, sondern auch ihr Schriftcharakter und ihr ganz ungewöhnlich guter Erhaltungszustand an, der sich wohl nur durch eine besonders geschützte Aufbewahrung in einem Grabe erklären läßt. So darf man also auch bei dem Anastasyschen Pap. Holmiensis die für den Leidner feststehende Provenienz aus einem thebanischen Grabe voraussetzen.

2) Lippmann a. a. O. 290 hat die Beziehung des Diokletianischen Einschreitens gegen die Goldmacher mit seiner Münzreform dargelegt.

borgen geblieben, bis er vor 90 Jahren seine Auferstehung feiern durfte. Freilich die beiden Codices, die wundervoll kalligraphisch, aber schauderhaft unorthographisch geschrieben und völlig unversehrt erhalten sind, haben lange Zeit warten müssen, bis sie der gelehrten Welt zugänglich gemacht wurden. Der eine Codex, der mit anderen Stücken jenes Fundes nach Leiden kam, ist erst im Jahre 1885 veröffentlicht worden. Er führt die Bezeichnung *Papyrus Leidensis* X¹⁾. Der zweite Codex, der *Papyrus Holmiensis*, hat noch wunderlichere Schicksale nach seiner Auffindung durchgemacht. Denn nachdem der norwegisch-schwedische Vizekonsul Anastasy ihn um 1828 in Ägypten erworben und der schwedischen Akademie in Stockholm geschenkt hatte, verfiel er dort wieder dem Todesschlafe, aus dem ihn vor einigen Jahren, nachdem er nach Upsala überführt worden war, ein schwedischer Philologe zum wirklichen Leben erweckt hat.²⁾ Die beiden Zwillingshandschriften ergänzen sich nun gegenseitig in der erwünschtesten Weise. Der Leidener Papyrus enthüllt uns die Geheimnisse der ägyptischen Metallfälschung und Purpurfärberei, der Stockholmer Papyrus dagegen läßt zwar den Anfang über die Goldlegierungen vermissen, dagegen steht zwischen den Silberrezepten und dem sehr ausführlichen Abschnitt über die Purpurfärberei das schon längst vermißte Kapitel über Perlen und Edelsteine.

Man wird schon hieraus ersehen, daß diese beiden, auf denselben Redaktor zurückgehenden Auszüge den Inhalt

1) *Papyri graeci Musei Lugduni-Batavi* ed. C. Leemanns, t. II, Leid. 1885. Berthelot, *Alchim. gr. (Introduct.)* p. 19 ff., gibt eine franz. Übersetzung.

2) *Papyrus Holmiensis, Rezepte für Silber, Steine und Purpur*, bearbeitet von Otto Lagercrantz, Upsala (Universitätschrift) 1913. Vgl. meine Anzeige in der *Deutsch. Literaturz.* 1913 Sp. 901 ff., der ich im folgenden einiges entnehme. Einen wertvollen Kommentar zu dieser Publikation bietet jetzt v. Lippmann a. a. O. 1 ff. Abbildung einer Seite des Pap. s. Taf. IX.

Α
 ΑΡΙΤΟΥ ΠΟΙΗΣΙΣ
 ΧΑΛΚΟΝ ΤΗΝ ΚΥΣΤΙΝ ΤΗΝ ΗΛΕΙΤΑΛΕΝΟΝ
 ΚΑΙ ΕΚ ΤΑΙΝ ΕΧΘΑΤΑΙΝ ΧΡΗΡΕΙ ΚΑΤΕΒΑΤΟΝ
 ΟΣ ΕΙΒΑΦΙΚΟΣ ΤΥΠΤΥ ΠΑΤΕΚΑΙ ΤΟΥΤΗΝ
 ΕΑΡΕΧΕΣΟΝ ΤΟ ΤΕΛΗΧΟΝ ΕΥΕΤΕ ΤΗΤΟΥ
 ΧΑΛΚΟΥΝΑ ΓΗΧΕΙΣ ΑΝΤΕΚΑΠΛΑΔΟΚΟΣ
 ΚΑΙ ΤΥΠΤΗΡΑΤΧΙΣ ΤΗΣ ΕΚΑΡΑΧΟΝ
 ΑΝΑΒΕΙΣ ΑΝΤΕΠΙΡΟΣ ΔΕΧΟΝ ΕΥΕΚΑΙ ΕΣΤΑ
 ΣΤΟΥ ΔΗΛΟΣ ΠΡΟΣΒΑΝ ΔΕ ΑΡΓΥΡΟΥ ΧΑΛΟΥ
 ΚΑΤΕΚΚΙΝΟΥ ΤΟΥ ΧΑΛΟΥ ΜΗ ΠΑΡΕΥΕΝ Κ
 ΟΛΑΦΥΛΑΖΕΤΤΗΝ ΕΗΚΑΔΑΝ ΑΝΤΕΒΑΝ
 ΑΝΕΣΤΕΙΤΟΝ
 ΑΛΛΟ
 ΕΙΣ ΔΕ ΔΗΜΟΚΡΤΗΝ ΑΝΤΕΒΑΝ ΑΝΑΦΕΡΕΙΧΑΙ
 ΤΟ ΔΕ ΤΟΥΣ ΚΟΙΝΟΥΣ ΑΝΔΡΑΣ ΤΥΠΤΗΡΙΑ
 ΤΗΣ ΧΕΤΗΛΗΝΑΣ ΕΥΑΛΛΑΣ ΤΟΣ ΕΙΛΑΝ
 ΠΛΑΣΚΟΛΟΥΡΕΤΕ ΤΗ ΤΡΙΣΧΑΡΑΤ
 ΕΤΕΧΕΝΕΝ ΒΑΛΛΗΝ ΚΑΙ ΠΙΛΑΣ ΑΝΤΕΒΑΝ
 ΕΧΟΝ ΕΥΕ ΤΟΝ ΧΑΛΚΟΝ ΕΠΙ ΤΟΙΣ ΚΑΥΔΑΤΙ
 ΒΑΛΑΤ ΤΗ ΚΑΤΑΣΒΕΝΝΥΝ ΕΤΥΧΕΝ Ε
 ΕΣΤΟ ΑΠΟ ΒΗΘΟΜΕΝΟΝ ΑΠΕΤΡΑ
 ΑΛΛΟ
 ΚΑΣΟΙΤΗΡΙΑΝ ΕΥΚΟΝ ΤΕΧΝΑ ΧΑΛΚΟΝ ΤΕ ΤΡΑ
 ΚΥΚΑΘΗΡΑΣ ΚΑΤΟΥΡΕ ΕΙΣ ΧΑΛΚΟΥ ΤΕΚΛΑΝ
 ΤΗ ΚΥΛΕΥΚΟΥΝΑ ΧΟΝ ΧΑΛΚΟΥ ΕΥΑΛΟΝ ΧΕ
 ΚΑΙΣΚΕΥΑΖΕΘΕ ΕΙΣΚΑΙ ΕΝΕΤΑΡΓΥΡΟΣ
 ΠΙΛΟΣ ΕΙΣΚΑΙ ΤΟΥ ΤΕΧΝΗΤΑΣ ΑΝΘΡΩΠΙΝΟΤΗ
 ΕΤΟΙΝΟΜΑΣ ΤΟ ΔΟΞΕΣΥΝΕΣΤΗ
 ΚΑΣΟΙΤΕΡΟΥ ΚΑΘΑΡΟΤ
 ΗΔΕ ΤΟΥ ΚΑΣΟΙΤΕΡΟΥ ΚΑΘΑΡΟΤ ΤΟΥ ΧΑΛΚΟΥΝ ΤΟΣ
 ΕΤΗΝ ΤΟΥ ΑΡΓΥΡΟΥ ΚΑΘΑΡΕΙΝ ΗΔΕ ΕΚΚΟΙΤΕΡΑΝ ΚΑ
 ΒΑΡΟΝ ΕΤΥΠΗΝ ΚΑΙ ΑΛΕΙΤΑ ΕΥΑΛΟΤΕ
 ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΤΕΚΤΕ ΤΑ ΤΟΥ ΧΩΝΕΥΕΚΑΠΛΑΝΑΣ
 ΑΠΟ ΘΟΥ ΚΑΘΑΡΙΩΣ ΠΡΟΣΒΑΝ

Chemisches Buch des III. Jahrh. n. Chr.

Papyrus Graeca Holmiensis.

Erste Seite. Z. 1-33.

Umschrift des Textes S. 146 Anm. 2.

des alten Demokritbuches reproduzieren, das in seinen vier Büchern über 'Gold, Silber, Edelsteine und Perlen'¹⁾, zuletzt über Purpur handelte. Aber wie die späteren Alchemisten in mannigfachen Auszügen und Bearbeitungen das alte Gut des Demokritbuches umgemodelt haben, so findet sich auch schon in diesen beiden Papyri, welche die ältesten im chemischen Corpus uns erhaltenen Schriften um mindestens ein Jahrhundert übertreffen, das demokritische Gut mannigfach vermittelt und zerstückelt vor. Auch die beiden so eng sich berührenden Fassungen weichen, wie es in der technischen Literatur häufig ist, formell und inhaltlich öfter voneinander ab. Der Leidener Papyrus enthält 101 Rezepte, die sich hauptsächlich auf die Nachahmung und Verfälschung der Edelmetalle beziehen. Der Stockholmer hat 152 Rezepte. Auf die Metalle beziehen sich nur 9, während 73 über Edelsteine und Perlen berichten. Den Schluß bilden 70 Färbereirezepte, wobei die Purpur- und Waidfärberei im Vordergrund stehen.

Bei der Metallegierung handelt es sich besonders um die Herstellung des oben erwähnten Asems.²⁾ Außer Kupfer, Zinn, Quecksilber, Blei, Galmei, Messing, Arsen-erzen wird auch unter Umständen echtes Silber zur Herstellung der Legierungen verwandt. So gelingt die Herstellung gold- oder silberglänzenden Elektrons, und eine Sorte wird als Primaware (*πρῶτον ἄσημον, ἄργυρος ὁ πρῶτος*) gepriesen, „so daß sogar die Fachleute über die Herstellung des Produktes getäuscht werden“.³⁾

1) Die Perlen rechnet bereits Theophrast zu den Edelsteinen, Fr. de lapid. 36.

2) Der Pap. Holm. sagt statt des ägyptischen *ἄσημος* des Leid. gebildeter *ἄργυρος*.

3) Pap. Holm. α 25 (S. 4 Lagercr.) *καὶ γίνεται ἄργυρος ὁ πρῶτος, ὥς καὶ τοὺς τεχνίτας λανθάνειν, ὅτι ἐξ οἰκονομίας τοιαύτης συνέστη.*

Auf die Färbung der Metallgemische wird ein außerordentlicher Wert gelegt, wie denn diese mit alten Vorstellungen zusammenhängende Anschauung durch die ganze alchemistische Literatur hindurchgeht.¹⁾ So wird Kupfer durch Weißung (λευκωσις) zu Silber, durch Gilbung (ξανθοσις) zu Gold gemacht. Geweißt wird das Kupfer durch Arsen-, Zinn- und Bleiverbindungen, „goldglänzend“ (χρυσόφωνος) aber wird es durch Feuervergoldung oder durch oberflächliche Goldfärbung auf kaltem Wege.

Neben der „probehaltigen“ Vergoldung mit Quecksilber wird auch die scheinbare Vergoldung durch Firnisse empfohlen.

Ein besonderes Kapitel in diesen Rezeptbüchern wie in den späteren ähnlichen Auszügen des Mittelalters bildet die Chrysographie, d. h. die Kunst, Manuskripte mit Goldtinte zu verzieren. Auch hier steht die echte Blattgoldsuspension in Gummi- oder Eiweißlösung neben den billigen Surrogaten (Blei- und Schwefelverbindungen, Safran, Galle).

Neben der Färbung der Metalle wird auch auf die quantitative Veränderung derselben, auf die Vermehrung, genauer eingegangen. So läßt sich durch Zusatz von Kupfer mit Salzpräparaten oder Alaun eine Verdoppelung²⁾, durch Zusatz von Kupfer und Zinn eine Verdreifachung erzielen.³⁾

Man darf nicht denken, daß lediglich eine betrügerische

1) Über den Zusammenhang mit Aristotelischen Vorstellungen s. v. Lippmann, *Abh. u. Vortr.* II 146. *Entstehung d. Alch.* 139 ff. Es ist verständlich, daß die antike Scheidekunst, die noch nicht über die modernen Reaktionen verfügte, bei der Prüfung der Edelmetalle (abgesehen von der uralten Probe mit dem Proberstein, gr. βέσαρος, lapis Lydius) auf die Farbenunterschiede der Legierungen angewiesen war.

2) Holm. α 36.

3) Holm. β 15.

Plusmacherei hierbei im Spiele war.¹⁾ Vielmehr durchzieht das ganze Altertum bis zu den spätesten Adepten der schwarzen Kunst die Vorstellung, daß, wie ein in die Erde gelegtes Korn hundertfältige Frucht bringe, wie ein kleines Stück Sauerteig die ganze Masse durchsäure, so bringe ein kleines Stück echtes Metall, in der richtigen Weise behandelt, eine unerschöpfliche Fülle von weiterem echten Metall hervor. Ein altes, der Isis zugeschriebenes Schriftchen sagt: „Korn bringt Korn hervor, Mensch den Menschen, so erntet Gold das Gold.“²⁾ Infolgedessen spricht man in der chemischen Literatur vom Brotteig ($\mu\alpha\lambda\lambda\alpha$), der durch Hefe aufgeht und die Masse vermehrt, im übertragenen Sinne. Die Lateiner nehmen das Wort *massa* auf, und so ist dieser alchemistische Terminus zu einem der gewöhnlichsten Ausdrücke der europäischen Sprachen geworden.³⁾ In den beiden chemischen Papyri wird öfter von einer „unerschöpflichen Masse“⁴⁾ gesprochen, welche dazu dient, aus einem Stückchen Neusilber immer neues Neusilber zu schaffen.

Die Vorschriften, die sich mit Perlen und Edelsteinen beschäftigen, beziehen sich auf deren Reinigung und Polierung, vor allem aber auf das Nachmachen dieser kostbaren Schmuckstoffe. So werden Perlen aus pulverisiertem Marienglas mit Wachs und Quecksilber (?) zu einem Teig verbunden, dieser wird mit Tragantgummi und Eiweiß

1) Freilich spielt auch dies mit, wie der Verf. von Pap. Leid. 12, 1 die Verdoppelung des Goldes mit den Worten einleitet: $\delta\sigma\lambda\omicron\upsilon\tau\alpha\iota \chi\rho\upsilon\sigma\delta\varsigma \epsilon\iota\varsigma \alpha\upsilon\chi\eta\sigma\iota\nu$.

2) Berthelot, Alchim. 30, 24: $\delta \sigma\acute{\iota}\tau\omicron\varsigma \sigma\acute{\iota}\tau\omicron\nu \gamma\epsilon\nu\nu\tilde{\alpha}, \kappa\alpha\iota \acute{\alpha}\nu\theta\rho\omega\pi\omicron\varsigma \acute{\alpha}\nu\theta\rho\omega\pi\omicron\nu \sigma\pi\epsilon\acute{\iota}\rho\epsilon\iota, \omicron\upsilon\tau\omega\varsigma \kappa\alpha\iota \delta \chi\rho\upsilon\sigma\delta\varsigma \chi\rho\upsilon\sigma\delta\omicron\nu \theta\epsilon\rho\acute{\iota}\zeta\epsilon\iota, \tau\omicron \delta\mu\omicron\iota\omicron\nu \tau\omicron \delta\mu\omicron\iota\omicron\nu. \acute{\epsilon}\varphi\alpha\nu\epsilon\rho\omega\theta\eta \nu\tilde{\upsilon}\nu \delta\eta \tau\omicron \mu\upsilon\sigma\tau\acute{\eta}\rho\iota\omicron\nu$. Ähnlich glaubte man ja auch im Altertum, daß die Steine in den Gruben nachwüchsen. Plin. XXXVI 125.

3) v. Lippmann, *Vortr. u. Abh.* II 146. 117. 135.

4) $\mu\alpha\lambda\lambda\alpha \acute{\alpha}\nu\epsilon\kappa\lambda\epsilon\iota\pi\tau\omicron\varsigma$ Leid. 7, 59. Holm. β 17.



Abb. 48. Erosen als Goldschmiede. (Erklärung S. 154.)

in Kuhmilch durchgeknetet und in Perlen geformt, die man durchbohrt, solange sie noch feucht sind. Dann werden sie getrocknet und poliert. „Sie sind dann noch schöner als die echten.“¹⁾

Eine große Rolle spielt die Färbung der Edelsteine (*βαφῆ*), wozu sich hauptsächlich poröse Steine eignen, wie der Tabasis genannte, „der aus Ägypten herabgebracht wird.“²⁾ Es handelt sich hier, wie Herr v. Lippmann erkannte³⁾, um die aus Kieselsäure bestehenden Knollen, die sich in den Zwischenhalmknoten des ostindischen Bambus (*Bambusa arundinacea* Willd.) abscheiden und seit alters einen indischen Exportartikel bilden. Da die indischen Waren über das Rote Meer an die ägyptischen Häfen gehen und dann auf dem Nil nach dem Delta hinab verfrachtet werden, so versteht man jetzt bei dem alexandrinischen Ursprung dieser Literatur den Ausdruck „der aus Ägypten herabgebracht wird“, namentlich wenn man weiß, daß die Alexandriner ihre Stadt nicht zum eigentlichen Ägypten rechnen.⁴⁾

1) Holm. δ 51: ἔσται χειρισθεὶς ὡς δεῖ ὑπὲρ τῶν φυσικῶν.

2) Holm. η 7: ὁ λεγόμενος τάβασις ἐκ τῆς Αἰγύπτου καταφερόμενος.

3) A. a. O. 15.

4) Cumont, Prol. z. s. Ausg. von Philo de aeternitate mundi (Berl. 1891) p. IX⁴.

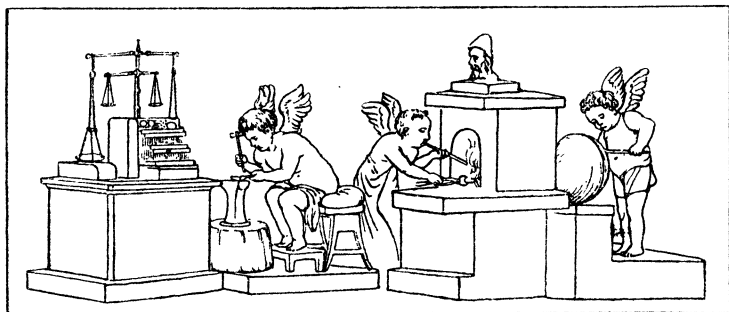


Abb. 49. Eroten als Goldschmiede. (Erklärung S. 154.)

Im Vordergrund des Interesses steht unter den Edelsteinen der Smaragd, zu dessen Herstellung (*πολίσις*) und Färbung (*βαφή*) besonders die Kupferverbindungen benutzt werden. Die Steine müssen vorbehandelt werden durch Einlegen in Alaun oder Essig. Ferner werden der Rubin (*καρχηδόνιος*), Granat (*σάραδιος*), Amethyst, Beryll usw. erwähnt.

Der technisch wertvollste Bestandteil des neugefundenen chemischen Papyrus ist das Kapitel über die Farbstoffe und Färbemittel. Es werden zunächst die Zeichen der guten Farbstoffe: Waid, Scharlach, Orseille, Krapp, Schöllkraut, Alaun, Vitriol angeführt. Der Gipfel der Färbekunst ist die Nachahmung des echten Purpurs durch billige Surrogate. Das Rezeptbuch sagt darüber wörtlich¹⁾:

„Halte das Rezept geheim. Denn der Purpur ist ungewöhnlich schön in der Farbe. Nimm den Schaum von Waid, wie ihn die Färber liefern (d. h. Waidindigo), und importierte Alkanna²⁾ ebensoviel (der Schaum ist ja leicht an Gewicht). Reibe beides im Mörser fein durcheinander. Die Alkanna löst sich so im Waid auf und gibt ihre Kraft an ihn ab. Dann nimm Färberlack³⁾ (*ἄνθος τὸ ἀπὸ τῶν βαφέων*)

1) 15 29 (S. 28). 2) ἀγχοόσης ἐξωτικῆς.

3) Zur Rotfärberei benutzte man verschiedene Schildläuse (Kermes-

entweder von Kermes (κόκκος Scharlach), was vorzuziehen ist, oder von Körnerlack (κρίμνος) und bringe diese Körner anwärmend in den Mörser mit der Hälfte des Waid-schaumes zusammen, tue die Wolle hinzu und färbe sie, ohne zu beizen. Du wirst sehen, der Purpur wird unbeschreiblich schön.“

Auch an Rezepten, prachtvollen Purpur auf heißem Wege herzustellen, fehlt es nicht.¹⁾ Was nun die Herkunft dieser Rezepte im Pap. Holm. betrifft, so macht der Zusammensteller dieses Codex kein Hehl daraus.²⁾ Gleich zu Anfang (s. Taf. IX) steht eine Anweisung zur Erzeugung von Neusilber. Eine zweite wird, wie üblich, mit ἄλλο (ein anderes) angereiht. Dieses trägt aber zu Anfang den Ver-

schildlaus) oder durch Stiche von Schildläusen an Feigenbäumen erzeugte Lacke wie den Färberlack (lack-dye). Die Lackfarben zeichnen sich durch hellen Glanz aus, was den griechischen Ausdruck ἀνθος erklärt.

1) τς 39ff.

2) Die erste Seite des Pap. Holm., deren erste 21 Zeilen in Taf. IX beigegeben sind, lautet in Umschrift so: *A. Ἀργύρου ποίησις. Χαλκὸν τὸν Κύπριον τὸν ἤδη εἰρηκασμένον (sic) καὶ ἔκτασιν ἔχοντα τῇ χρήσει κατ[ε]τάβαφον ὅξει βαφικῷ στυπτηρίᾳ τε καὶ τρισὶν ἡμέραις) ἕα βρέ-
χεσθαι. τότε δὴ χωνευνετὲ (d. i. χωνεύεται) τῇ τοῦ χαλκοῦ μνᾶ γῆς Χείας ἁλῶς τε Καππάδοκος καὶ στυπτηρίας σχιστῆς ἐν δραχμῶν 5 ἀνα-
μειξας· ἐπίπερος (d. i. ἐμπείρως) δὲ χώνευε καὶ ἔσται σπονδαῖος· πρόσ-
βαλε δὲ ἀργύρου καλοῦ καὶ δοκίμου τοῦ ἀπλοῦ μὴ πλείω L (d. i. δραχ-
μῶν) 2· ὃ διαφυλάξει τὴν σήνπασαν (d. i. σύμπασαν) μετῆξιν ἀνεξάλειπ-
τον. Ἄλλο. Εἰς δὲ Δημόκρ(ι)τον Ἀν(α)ξίλαος ἀναφέρει καὶ τόδε·
τοῖς κοινοῦς ἕλας ἕμα στυπτηρίᾳ τῇ σχιστῇ λίθρας εὖ μάλα σὺν ὀξει καὶ
ἀναπλάσας κολλούρια ταῦτ' ἐπὶ τρεῖς ἡμέρας ἔψυχεν ἐν βαλανίῳ κᾶπιτα
λεάντας συνεχώνευε τὸν χαλκὸν ἐπὶ τρεῖς καὶ ὕδατι θαλαττίῳ καταβεν-
νύων ἔψυχεν. ἑλέ(γ)ξει τὸ ἀπορησόμενον ἢ πείρα. Ἄλλο. Κασσίτερον
λευκὸν τε καὶ μαλακὸν τετράκι καθήρας κᾶκ τοῦδε μέρη 5 χαλκοῦ τε κ(αί
κ)αλλατικοῦ (d. i. γαλατικοῦ) λευκοῦ μνᾶ(ν) 2 συνεχωνεύσας σμῆχε καὶ
σκεύαζε, ὃ θέλεις, καὶ γίνεταί ἄργυρος ὁ πρῶτος, ὥς καὶ τοὺς τεχνίτας
λαμπθάνειν ὅτι ἐξ οἰ(κ)ονομίας τοιαῦσδε συνέστη. Κασσίτερον καθαρίζεις.
Ἡ δὲ τοῦ κασσίτερον καθαρίσις τοῦ χωροῦντος ἐς τὴν τοῦ ἀργύρου
καθάρισιν ἦδε κασσίτερον καθαρὸν ἕα ψυγῆναι καὶ ἀλείψας εἰσω (d. i.
ἐλαίῳ) τε καὶ ἀσφάλτῳ ἐκ τετάρτου χώνευε καὶ πλύνας ἀπόθου καθαρῶς·
πρόσβαλλε κτλ*

merk „auf Demokritos führt Anaxilaos auch folgendes zurück“.¹⁾ Das alte, der ganzen alchemistischen Literatur zugrunde liegende Material des Pseudodemokrit ist also hier wenigstens teilweise durch den schon oben gekennzeichneten Anaxilaos vermittelt, den wir als einen öfter benutzten Quellschriftsteller der großen Naturgeschichte des Plinius kennen. So führt dieser²⁾ auf ihn den geschmacklosen Scherz zurück, die Gesichter der Gäste bei Symposien bleich wie Tote erscheinen zu lassen, indem man Schwefeldämpfe entwickelt. Ähnliche Juxexperimente, welche die Anwesenden als Mohren erscheinen lassen, erwähnt derselbe Plinius.³⁾ Auch die bei dem Kirchenvater Hippolytos aus einem magischen Zauberbuche ausgezogenen, höchst ergötzlichen Taschenspieler- und Gaunerkniffe verraten ähnlichen Ursprung.⁴⁾ Dieser Anaxilaos nun war im Jahre 28 v. Chr. wegen Zauberei aus Italien verbannt worden. Er setzte vermutlich die mystischen Studien des Nigidius Figulus fort, der zu Ciceros Zeit durch pythagoreische Geheimverbände, in denen astrologische und

1) α 13 (S. oben S. 129. 146 Anm. 2).

2) 35. 175.

3) 32, 141. Auch bei Sext. Pyrrh. Hypot. I. 46 und (nach Wellmanns Beobachtung) bei Psellus *Περὶ παραδόξων ἀναγνώσμάτων* in Westermanns *Paradoxogr.* 146, 21. Dieser hat eine ganze Reihe solcher Scherze (*παλγνία*), die, wie sicher die vorhergehenden Lesefrüchte, durch Vermittelung der Kistoi des Jul. Africanus (144, 1; 146, 13) aus Anaxilaos exzerptiert sind. Und dieser schöpft dergleichen wieder aus Bolos-Demokrit, wie der Pap. Holm. (Anm. 4 S. 124) und das Exzerpt *Δημοκρίτου παλγνία* im Pap. Londin. 121 (3. Jahrh. n. Chr.) beweisen. Eine besondere Schrift des Anaxilaos mit dem Titel *Παλγνία* neben dem Exzerpt aus Bolos anzunehmen, sehe ich vorläufig keine Veranlassung.

4) Hippolytos, Ref. IV 28 (S. 54, 6 ff. ed. Wendland); Ganschiniets, *Hippolytos' Capp. g. d. Magier* (Harnack-Schmidt, Texte u. Unters. XXXIX 2, 12 ff.). Vgl. dazu meine Abh. *Die Entdeckung des Alkohols* (Abh. d. Berl. Ak. 1913, ph.-h. Kl. 3. 1913) S. 24 ff. Diese Scherze (*παλγνία*) pflanzen sich mit der übrigen magischen Rezeptliteratur in die mittelalterliche Literatur fort. S. Marcus Graecus bei Berthelot, *Chimie au m. â.* I 114.

nekromantische Künste getrieben wurden, Aufsehen erregte und nicht minder durch seine ausgebreitete, aber konfuse grammatische, naturwissenschaftliche und okkultistische Schriftstellerei.¹⁾

Alle diese Studien zeigen im Altertum einen übereinstimmenden Zug. Sie scheuen das Tageslicht. Sie werden als Geheimlehre in bestimmten Konventikeln verbreitet. Das Volk sieht mit Scheu, ja mit Abscheu, auf diese Dunkelmänner. Die Kaiser beargwöhnen und verfolgen sie. Wie ging dies zu? Wie konnte eine technische Wissenschaft, die doch auch damals bereits im Besitze wertvoller Naturerkenntnisse und kulturfördernder Fabrikationsmethoden war, sich nicht frei entfalten, sondern über tausend Jahre gleichsam im Dunkeln schleichen?

Die beiden chemischen Papyri gestatten, auch hierauf die Antwort zu geben. Ich erwähnte bereits die Notiz des Holmiensis²⁾ bei Gelegenheit der Herstellung von Prima-neusilber: „So entsteht ein Silber erster Güte, so daß sogar die Fachleute (*τεχνῖται*) nicht merken, daß es aus einer solchen Bearbeitung (*ολκονομῖα*) hervorging.“ Ähnlich soll eine Imitation von Beryll hergestellt werden, die „sogar die Fachleute nicht merken“.³⁾ Diese Absicht, nicht bloß das Publikum, sondern selbst die Sachverständigen hinter das Licht zu führen, indem man wertlose Legierungen für echtes Edelmetall ausgibt, führt sogar zu einem merkwürdigen Terminus technicus, der sich wie die „Masse“ auf das Mittelalter und die Neuzeit vererbt hat. Man nennt bekanntlich heute in der bergmännischen Terminologie „Blenden“ gewisse Schwefelmetalle von nicht- oder nur

1) Cicero, der Nigidius Dank schuldete, lobt ihn im Tim. I, 1 als *acer investigator et diligens earum rerum quae a natura involutae videntur*.

2) Holm. α 25 = Leid. S. 6, 40.

3) Holm. θ 13.

halbmetallischem Habitus, die über den Erzgehalt blenden oder täuschen, weil entweder gar kein oder nur ein mit anderen Substanzen gemischtes Erz darin enthalten ist.¹⁾ So drückt sich nun auch jener Verfasser des Stockholmer Papyrus aus, wenn er am Schluß seines Rezeptes zur Herstellung einer Silberimitation folgendes sagt: „Und wenn du das Metall aus dem Tiegel nimmst, so bekommst du eine Blende (*ἀμαύρωσιν*, wörtlich *eine Blendung der Augen*), die durch die Mischung der zusammengewogenen Bestandteile (nämlich Silber, Kupfer, Quecksilber) allein das echte Aussehen des natürlichen Silbers zeigt.“²⁾

Für wen sind also diese Rezeptbücher bestimmt gewesen? Für die Handwerker (*τεχνῖται*) sicher nicht, da z. B. jenes oben (S. 145) erwähnte wunderschöne Purpurrezept Stoffe empfiehlt, die bereits fertig vom Färber bezogen werden sollen. Also kann dies Rezept, das geheim gehalten werden soll³⁾, nicht für die Färber selbst bestimmt sein. Noch weniger freilich für das Laienpublikum.⁴⁾ So bleibt nichts übrig, als den Verfasser wie den Besitzer dieser chemischen Bibliothek in den Kreisen zu suchen, die in Ägypten von jeher das Privileg der Edelmetallindustrie ausgeübt und die Technik und die Wissenschaft in den Dienst ihres religiösen Hokuspokus gestellt haben.⁵⁾ Das sind die Priester

1) Daher heißt bei uns ein Mischling auch „Blendling“, und das englische *blend* heißt einfach „mischen“.

2) Holm. β 33.

3) *τήρει ἀπόκρυφον <τὸ> πρᾶγμα· ἔστιν γὰρ καὶ εὐανθής* [sc. ἡ πορφόρα] *ὑπερβολή*.

4) So denkt sich Frau Hammer-Jensen (*Ber. d. Dän. Ak. d. Wiss.* 1916 285) die Sache. Aber sie muß dieses Rezept als *'recette de ménage, venant peut-être de quelque écrit agricole'* von der übrigen Masse der Rezepte, die für Handwerker bestimmt seien, trennen.

5) Wohl zu beachten ist, daß sich, wie es scheint, zusammen mit den chemischen Codices ein umfangreiches Schrifttum magischen Inhaltes gefunden hat und daß auch im Pap. Holmiensis sich ein Blatt mit einem

der dortigen Tempel, für die ein gut Teil der physikalischen Taschenspielerereien erfunden worden ist, die in dem Automatenbuch und der Pneumatik des Heron beschrieben worden sind.¹⁾ Von den „Geheimnissen der Goldwerkstätten“ berichtet uns der Tempel von Dendera und andere ägyptische Urkunden²⁾; von dem wunderbaren Medikament Kyphi, das die ägyptischen Priester unter Absingung von heiligen Texten bereiten, erzählt Plutarch³⁾; von dem tiefen Geheimnis, mit dem die alten Chemiker ihre Kenntnisse behüteten, das sie nur den Priestern mitteilten, spricht Zosimos.⁴⁾ So dürfen wir also annehmen, daß solche Bücher,

magischen Ritual eingesteckt gefunden hat, das zwar nicht von derselben Hand herrührt, aber vermutlich bei der Praxis im Laboratorium verwandt wurde. Denn wir wissen (s. unten Anm. 3), daß die ägyptischen Priester ihre chemischen Arbeiten unter Absingung heiliger Litaneien vollzogen. Auch in dieser Formel finden sich neben der Anrufung des Helios eine Reihe unverständlicher barbarischer Namen, was zur Zauberei von jeher gehörte. Vgl. Wünsch, *Arch. f. Relig.* 16 (1913) 633.

1) S. m. Abh. über den Alkohol (s. oben) S. 26ff.

2) Vgl. a. a. O. S. 27¹.

3) de Is. et Osir. 80 p. 383 E.

4) Berthelot, *Chimie au m. â.* II 229 (aus dem syrischen Text): *Je pense que les anciens, par suite de leur esprit de jalousie, n'écrivirent pas ces choses, mais ils les firent connaître en secret aux prêtres seuls.* Ebenda 245: *ceux qui préparent le mercure doré sont les fabricants de lames d'or pour les temples et les statues de rois; mais ils cachent, eux surtout, leur art et ne lient à personne. Les fabricants de l'or et ceux qui travaillent finement le mercure, agissent comme s'il n'était pas naturel.* Über die Vorsteher dieser Staatslaboratorien sagt der griechische Zosimos (Berthelot, *Alchim.* 240, 5) *εἶχον δὲ καὶ ἰδίους ἄρχοντας ἐπικειμένους καὶ πολλὴν τυραννίς ἦν τῆς ἐψήσεως οὐ μόνον αὐτῆς, ἀλλὰ καὶ τῶν χρυσορρήγων· εἰ γὰρ τις εὐρίσκειται ὀρύσσων, νόμος ἦν Αἰγυπτίοις μὴ <ἀν>εγγράφως αὐτὰ ἐπιδιδόναι.* Über das Monopol der *χρυσορρήγη* vgl. Mitteis-Wilcken, *Grundz. u. Chrestom. der Papyruskunde* I 1, 256; 2, 375 n. 318. Eine ausführliche Schilderung dieser ägyptischen Tempelindustrie geben Reil, *Beitr. z. Kenntnis des Gewerbes im hellenist. Ägypten* (Lpz. 1913), und v. Lippmann a. a. O. 261ff. Über die Entwicklung der Industrie und besonders des Goldschmiedgewerbes in römischer Zeit vgl. Gummerus, *Klio* 14 (1917), 129ff. 15 (1918), 256ff.

wie sie ein einzigartiger Zufall uns in jenem thebanischen Grabe aus dem 3. nachchr. Jahrh. erhalten hat, ursprünglich nur für die priesterlichen Leiter der Tempellaboratorien bestimmt waren, denen es keinen Zweck hatte, blauen Dunst vorzumachen. Doch entwickelte sich in Ägypten (wie später in Rom neben den kaiserlichen Werkstätten) eine Privatindustrie, die natürlich auch ihre Rezeptbücher haben mußte. Wir wissen ferner durch Heron, Hippolytos und Lukian (in seiner Enthüllung über den Propheten Alexander von Abonuteichos 105—171 n. Chr.), daß einzelne dieser Geheimschriften auch in das Laienpublikum drangen, wie ja auch Plinius den Anaxilaos und Pseudodemokrit und andere okkulte Literatur ausgiebig benutzt hat. So stammt aus Plinius eine merkwürdige Mitteilung über die Herstellung von Niellovasen, die das schwarze Bild des Gottes Anubis auf silbernem (oder goldenem) Grunde zeigen.¹⁾ Diese Technik beruht auf der Herstellung von Schwefelverbindungen, und die Anweisung dazu hat sich aus den hellenistischen Rezeptbüchern (nicht durch Plinius) wie die meisten dieser Vorschriften auf einem gleichsam unterirdischen Wege ins Mittelalter gerettet. So findet sich das Geheimnis dieser Niellotechnik sowohl im syrischen Zosimos²⁾ wie in dem Malerbüchlein, das den Namen *Mappae clavicula* trägt³⁾ und eine lateinische Übertragung eines griechischen Textes enthält, der schon vor der Zeit Karls d. Gr. nach Gallien gekommen und dort übersetzt worden ist. Diese lateinischen Rezepte stimmen oft wörtlich mit dem chemischen Corpus und den beiden antiken chemischen Papyri überein, so daß man den Eindruck einer tausendjährigen ununterbrochenen, aber ganz im geheimen

1) Plin. 33, 131.

2) Berthelot, *Ch. au m. â.* II 206 n. 13.

3) *Archaeologia* t. 32 p. 201 f. Abb. über d. Alkohol S. 28.

sich vollziehenden Tradition technischer Rezepte erhält, die freilich von Anfang bis zum Ende des Mittelalters nur mit bösem Gewissen weitergegeben wird. Schon Zosimos spricht von dem Eid der Geheimhaltung, die auch der Stockholmer wie der Leidner Papyrus und die *Mappae clavicula* anempfehlen. Hier steht der Eid sogar an der Spitze.¹⁾ Die beständige Anfeindung, welche die der Magie verdächtigten Chemiker und Naturforscher in der Kaiserzeit wie später von der Kirche wie vom Staate zu besorgen hatten, zwang die Adepten zur äußersten Vorsicht. In der *Mappae clavicula* z. B. ist das Alkoholrezept in Chiffreschrift gegeben²⁾, wie Roger Baco im 13. Jahrh. das Geheimnis des Schießpulvers ähnlich verbarg.³⁾ Und doch ist gerade dieser naturkundige Franziskanermönch der erste gewesen, der sich mutig zu der verhaßten „Geheimwissenschaft“ bekannte und nachwies, daß hier alles mit natürlichen Dingen zugehe und daß der Begriff der Magie ein törichtes Hirngespinnst sei. Der *doctor mirabilis* hat für seine kühnen Angriffe gegen mittelalterliche Ignoranz und klösterlichen Irrwahn und gegen die Hand in Hand damit gehende sittliche Verwilderung des Mönchtums zehn Jahre im Kerker schmachten müssen. Aber der Bann war gebrochen. Er verkündet große Entdeckungen, die damals noch in der Zeiten Schoße schlummerten, und bald fanden sich überall erleuchtete Männer innerhalb und außerhalb

1) A. a. O. p. 189: *coniuro autem per magnum deum qui invenerit, nulli tradere nisi filio*. Vgl. p. 196: *absconde sanctum et nulli tradendum secretum neque alicui dederis, propheta*. Pap. Holm. 15 28 (s. oben S. 145). Pap. Leid. I 10, 9 *ἐν ἀποκρύφῳ ἔχει ὡς μεγαλομυστήριον, μηδένα διδάσκει* (vgl. II S. 187, 9; 194, 4). Weiteres Material aus der Literatur und den Zauberpapyi gibt Abt in Dieterich-Wünsch, *Rel. Versuche u. Vorarb.* IV 2, 139.

2) S. meine Abh. über den Alkohol S. 17.

3) S. oben S. 112.

des Klerus, welche die Natur dem Menschen nicht als seine Feindin, sondern als Freundin und Helferin zeigten. Der Geist des Weines wird nun um die Wende des 13. und 14. Jahrh. nach einem wahrscheinlich antiken Rezepte¹⁾ in größerem Maßstabe entbunden und in den Dienst der Menschheit zu beliebigem, nützlichem oder schädlichem Gebrauche gestellt. Die explosive Kraft der lange bekannten Pulvermischung ward jetzt allgemein offen benutzt zum Angriff oder zur Abwehr. Die Menschheit fühlte sich nunmehr von den Banden einer bornierten Bevormundung befreit und nahm die Entscheidung über Gut oder Böse selbst in die Hand. Die Autonomie der Sittlichkeit, die so lange geknechtet war, konnte sich wieder wie einst in dem hellenischen Frühling freier regen. Die technischen Kenntnisse, die bisher nur zum Betrug oder zum Scherze benutzt wurden, befruchteten jetzt mehr und mehr die ganze menschliche Kultur, und nachdem die Chemie am Ende des 18. Jahrh. durch Lavoisier zum Range einer Wissenschaft erhoben war²⁾, ist sie es, die nunmehr in der neuesten Zeit die Führung der Naturwissenschaften übernommen und die Verbindung von Technik und Wissenschaft, die für unser Zeitalter kennzeichnend ist, in erster Linie herbeigeführt hat.

1) Vgl. S. 107 und die Abh. über den Alkohol (*Abh. d. Berl. Ak. 1913 ph.-h. Kl. 3*). Die von Prof. v. Lippmann in der Chemiker-Zeitung 1913 n. 129. 132. 133. 138. 139 und 1917 n. 143. 144. 148. 154 gegen diese Abhandlung und die Mitteilung des Prof. H. Degering, *Ein Alkoholverzept aus dem 8. Jahrh. (Sitz.-Ber. d. Berl. Ak. 1917, 503)* vorgebrachten Instanzen sind sehr beachtenswert, erschüttern aber meine Grundansicht, die auf dem Quellenverhältnis der Rezepte beruht, nicht. Über Thaddäus Florentinus, den ältesten Herold des Alkohols, vgl. v. Lippmann, *Archiv f. Gesch. d. Med.* VII (1914) 379.

2) Kahlbaum-Hoffmann, *Die Anfänge der Chemie in Beitr. zur Gesch. d. Chemie, dem Gedächtnis von Kahlbaum gew.* (Leipzig-Wien 1909) S. 98.

Erklärung der Abbildungen 48 und 49 S. 144 und 145.

Eroten als Goldschmiede.

Eine der reizenden, impressionistisch gemalten Amorettenszenen aus dem Hause der Vettier in Pompeji. Mau, *Pompeji*¹ 353 beschreibt den hier in zwei Teile zerlegten Fries folgendermaßen:

„Rechts der mit dem Kopf des Hephästus geschmückte Glühofen, an dem einer mit dem Lötrohr arbeitet. Hinter dem Ofen poliert einer eine große goldene oder vergoldete Schüssel: er arbeitet mit der Rechten, während die Linke mittels eines stabartigen Gerätes die Schüssel fest an ihrem Platze hält. Er muß mit Anstrengung, aber doch mit Vorsicht arbeiten. So dient der aufrecht und unbewegt stehende Körper nur als Widerlager für die starke Anspannung der Armmuskeln.“)

Weiter links hämmert einer auf einem kleinen Amboß. Auch hier ist die Zartheit und Vorsicht der Arbeit trefflich zur Anschauung gebracht.

Dann der Verkaufstisch, auf dem ein kleines Möbel in drei offestehenden Schubladen Goldschmuck erkennen läßt. An einer Stange hängen zwei Wagen.

Weiter Verkäufer und Käuferin. Das Schmuckstück wird gewogen. Beide machen mit der geöffneten linken Hand einen Gestus, der die Aufmerksamkeit auf den Stand der Wage ausdrücken soll: die Wage steht.

Endlich zwei Arbeiter am Amboß: vorzüglich naturwahr ist die Bewegung des einen, der das Metall auf den Amboß haltend möglichst weit entfernt steht, damit ihn die abspringenden Funken nicht treffen.“

1) Diese Erklärung ist von F. M. Feldhaus, *Geschichtsbl. f. Techn.* II 35 berichtet worden. Der Knabe drückt vielmehr das Sackgebläse des Schmiedefeuers, das auf der anderen Seite des Herdes sichtbar wird. So erklärt sich auch der „Stab“ in der Linken, der notwendig zum antiken Blasebalg gehört. S. Feldhaus a. a. O. I 204 und *Technik der Vorzeit* Sp. 368: „Die primitivste Form des Gebläses ist der Tierbalg, an dem man drei Beine zugebunden hat. In das vierte Bein bindet man ein Rohr.“

VII.

DIE ANTIKE UHR.¹⁾

Als die feinste Blüte der Technik gilt von alters her bei uns die Uhrmacherkunst. Auch im Altertum hat sich hier die Erfindungsgabe der Techniker so bewährt, daß man nicht ohne Grund behauptet hat, auf diesem Gebiete sei bis in die neueste Zeit, von Stilwandlungen und Vervollkommnungen abgesehen, an Ideen Neues überhaupt nicht hervorgebracht worden.²⁾ Das Handwerk steht hier mit der Wissenschaft im engsten Bunde. Ja man darf sogar die Anfänge wissenschaftlichen Denkens, das den Menschen aus der Tierheit emporhebt, an die Zeitmessung anknüpfen. Der Wechsel von Tag und Nacht macht sich unmittelbar bemerkbar und regelt bei Tieren und Menschen von selbst die Tätigkeit. Aber um größere Zeitabschnitte mit Sicherheit abgrenzen zu können, mußte der primitive Mensch zum nächtlichen Himmel blicken, wo ihm der Mond sowohl durch das erste Aufleuchten der Sichel wie durch den Glanz des Vollmonds und das Verschwinden im Neumond deutliche Zeitmarken an die Hand gab. Darum nannten unsere indogermanischen Vorfahren den Mond den

1) Nach einem Vortrag in der Pr. Ak. d. Wiss. 19. Juli 1917.

2) Dr. E. Bassermann-Jordan, *Geschichte der Räderuhr* (Frankf. 1905) S. 5. Über die antiken Uhren gibt es eine Unzahl von modernen Schriften. Bahnbrechend Bilfinger, *Zeitmesser der ant. Völker*. Progr. Stuttg. 1886. Übersichten: Ardaillon in Daremberg-Saglio, *Dictionnaire des Antiqu.* III 257 und Rehm, Art. *Horologium* in Pauly-Wissowa, *Realencyclop.* VIII 2416 ff. Über Sonnenuhren: Schlieben, *Annalen d. Ver. f. Nass. Altertumsk.* XX (1888) 317 ff.; XXIII (1891) 115 ff.; Drecker, *Gnomon und Sonnenuhren*. Progr. Aachen 1909. Über Wasseruhren: Max C. P. Schmidt, *Kulturhist. Beitr.* II (Leipz. 1912) 1 ff.

'Messer'.¹⁾ So ist das durch die zwölf Monate gegebene Mondjahr im hellenischen Altertum das allgemein übliche gewesen. Aber das durch den Wechsel der Jahreszeiten zunächst nur im groben erkannte Sonnenjahr erforderte allmählich auch Berücksichtigung. Die Arbeiten des Ackerbaus und die Feier der religiösen Feste, die oft an bestimmte Jahreszeiten gebunden waren, durften nicht ins Ungewisse verschoben werden. So mußte der Ablauf des Sonnenjahres, der nicht wie der Wechsel des Tageslichtes und des Mondlaufes dem Auge unmittelbar einleuchtete, durch astronomische Beobachtung festgestellt werden. Die Anfänge solcher Sonnenbeobachtung reichen bei den Ägyptern, Babyloniern und Chinesen weit über das zweite Jahrtausend vor Chr. Geburt zurück.²⁾ In der jungen Kultur

1) Sanskrit. *mās*, griech. *μήν*, lat. *mēnsis*, got. *mēna*, *mēnōths*.

2) Die Ägypter haben ein merkwürdiges Instrument zur Beobachtung der Sonnenbahn angewandt, das Clemens Strom. VI 4, 35 *ὡρολόγιον καὶ πολὺνα ἀστρολογίας* nennt. Solche zugeschnittene Lineale von Palmästen, die zur Beobachtung der Sonne und Sterne gebraucht wurden, haben sich gefunden. Vgl. Borchardt, *Z. f. äg. Spr.* 37 (1899), 10. Ebenda 49 (1911), 66 beschreibt er ein anderes Lineal, das zur Stundenbestimmung bei Tag und Nacht diente. Es haben sich aber auch in Verbindung mit solchen Linealen treppenartige Auffangsflächen in kleinem Formate gefunden, die ebenfalls als Gnomone dienten. Er bereitet darüber ein größeres Werk vor. Diese Treppen erinnern an das Wunder des Hiskia 2. Kön. 20, 9—11. Jes. 38, 7. 8, über das unendlich viel seit dem Altertum vermutet worden ist. Die klarste Darlegung der beiden Hauptmöglichkeiten der Erklärung finde ich bei Schiaparelli, *Astron. im alt. Test.*, übers. v. Lüdtke S. 88. Ich halte eine wirkliche Sonnenuhr, die der Erbauer Ahaz von den Assyriern entlehnt haben kann (vgl. 2. Kön. 16, 10ff.), mit großen Treppenanlagen für die dem berichteten Wunder zugrunde liegende Einrichtung. Man kann vergleichen das große Observatorium (Samraj), das Jai Singk II (1718—1734) in Jaypur u. anderwärts in Indien erbauen ließ. In Jaypur ist der dreieckige Gnomon (*sanku*) 27 m hoch, die Basis 45 m, auf dem dazugehörigen Quadranten von 15 m Durchmesser legt der Schatten stündlich fast 4 m zurück, so daß man die Sonnenbahn mit dem Auge verfolgen kann. „Der Samraj ist eine riesige Sonnenuhr. Um 6 Uhr morgens fällt der Schatten etwa 15 m weit bis in den höchsten Teil des Westquadranten.

der Hellenen hat sich erst verhältnismäßig spät und angeregt von der orientalischen Wissenschaft diese Himmelsbeobachtung entwickelt. Es war im fünften Jahrhundert noch bekannt¹⁾, daß das Hauptinstrument, das zu dieser Beobachtung diente, der 'Gnomon' oder 'Schattenweiser', kaum hundert Jahre früher aus Babylon durch Anaximander von Milet eingeführt war, der mehr noch denn Thales als der eigentliche Begründer der althellenischen Astronomie zu gelten hat.²⁾ Der Schattenzeiger, ein senkrechter Pfahl oder Stift, gestattete nunmehr die genauere Festlegung der Mittagslinie, die sich dem Auge durch den höchsten Stand der Sonne am Zenit kundgab und durch die Halbierung der Linie zwischen Anfangs- und Endpunkt des Sonnenschattens geometrisch genauer ermitteln ließ, ferner die Festlegung der Wenden und Gleichen und damit die Festlegung der Jahreszeiten (*ᾠραι*) und des ganzen Jahres

In dem Maße, wie die Sonne steigt, sinkt der Schatten in den Quadranten herab, bis er um Mittag verschwindet. Die Sonne steht nun genau im Süden und in der Ebene des Gnomons. Dies dauert aber nur einen Augenblick. Sowie Mittag vorüber ist, fängt der Schatten an, im Ostquadranten emporzusteigen, bis um 6 Uhr abends der ganze Quadrant im Schatten liegt.“ So Bergholz, *Das Jaypur-Observatorium* (Berl. 1907. Nr. 19 der *Vorträge u. Abhandl.* von Archenhold) S. 38, Abb. Tafel II.

1) Herodot II 109: *Polos und Gnomon und die 12 Tagesstunden haben die Hellenen von den Babyloniern gelernt.* Wie sich der Gnomon vom Polos, die beide die Sonnenuhr bedeuten, unterschieden, ist nicht klar. *πόλος* (eig. Drehpunkt von *πέλσθαι*) hat vier Bedeutungen: 1. Erdpol, 2. Himmelspol, 3. der um diesen Pol sich drehende Himmel, 4. die Sonnenuhr (oder der Weiser dieser Vorrichtung, um den sich die Sonne zu drehen scheint). Volkstümlich heißt diese Uhr auch Schattenfänger (*σκιόθηρον*), wie man das Instrument, mit dem man die Sterne am Himmel aufsucht, 'Sternfänger' (*ἀστρολάβος*) nannte. Ähnlich heißt der Wasserheber und die daraus weitergebildete Wasseruhr 'Wasserdieb' (*κλεψύδρα*). Über *κλεψύδρα*, d. h. 'Wasserdieb' oder 'Wasserräuber' (*ὕδραρχαξ* Simpl. d. cael. 524, 20) oder abgekürzt einfach 'Räuber' (*ἄρχαξ* Simpl. phys. 647, 27), s. oben S. 84 und unten S. 192 f.

2) Diels, *Vorsokratiker* I³ 14, 7 Anm.; Rehm, *Münchn. Sitz.-Ber.* 1916, phil.-hist. Kl. III 15².

(ἐναντός, s. S. 3, Anm. 1), endlich die sich daraus ergebende Schiefe der Ekliptik, die Anaximander zuerst in seinem Buche 'Über die Natur' erwähnt hat.¹⁾ Der Gnomon gab nun aber auch Veranlassung, wie Herodot mitteilt, den täglichen Lichtgang der Sonne in zwölf Teile abzuteilen und dadurch die Einteilung des Tages in sechs Vormittags- und sechs Nachmittagsstunden zu gestatten, indem man von Sonnenaufgang bis Mittag und von da bis zum Abend die nach den Jahreszeiten verschieden langen Zwölftel der täglichen Sonnenbahn aus dem Schatten der Sonnenuhr ablas. Im Altertum kannte man im gewöhnlichen Leben nur diese mit den Jahreszeiten wechselnden 'temporären' Stunden (ὥραι καιρικαί) im Gegensatz zu unsern gleichbleibenden 'Äquinoktialstunden' (ὥραι ισημεριναί). Die wissenschaftliche Sternbeobachtung mußte natürlich diese Zwölfteilung des Lichttages analog auf die Nacht ausdehnen. So kam man zu einem 'Nachttag' (νυχθήμερον) von zweimal 12 Stunden, wie ja auch unsere Uhren in der Regel zweimal 12 Stunden zeigen, die nur anderen Anfang (Mitternacht statt Morgen) haben. Wie weit die Fachastronomen der älteren klassischen Zeit von dieser Stundeneinteilung Gebrauch gemacht, wie weit sie die durch die Sonnenuhr gegebene Zählung der Tagesstunden durch die damals im Gerichtswesen übliche Wassermessung der Klepsydra ergänzt haben²⁾, wissen wir nicht.

Sicher ist, daß die babylonische Stundeneinteilung des Lichttages selbst im fünften vorchr. Jahrh. noch nicht in das Volk gedrungen war. Vielmehr begnügte man sich mit

1) Vorsokr. I³ 19, 35.

2) Eine Anweisung hierzu gibt ein bei Procl. hypot. astr. erhaltenes Fragment Herons (Heron I 456 Schmidt). Aber daß die Maßmethode älter und von den Ägyptern entlehnt ist, berichtet Kleomedes (S. 138, 4 Ziegler) nach Poseidonios.

allgemeinen Angaben der Tageszeiten Morgen, Nachmittag, Abend, Marktstunde, Marktende¹⁾, und wenn man ein übriges tun wollte (z. B. bei Einladungen zum Mittagessen), wandte man die urwüchsige Methode an; den eigenen Körper als Gnomon zu benutzen und dessen Schatten, den die Sonne auf den Boden wirft, Fuß vor Fuß setzend abzuschreiten. Aristophanes z. B. stellt in den Ekklesiazusen, wo er die Vorteile des kommunistischen Staates schildert, dem Manne in Aussicht, die Feldarbeit den Sklaven zu überlassen und am Nachmittag, wenn der Schatten zehn Fuß mißt, wohlgesalbt sich zur Tafel zu begeben.²⁾ Auch in der neuen Komödie Menanders ist noch von zwölf Fußigem Schattenmaß bei Tischeinladungen die Rede. In unsere Uhrzeit übersetzt bedeuten 10 Fuß Schattenlänge für die Breite Athens und die Zeit der Sommersonnenwende etwa 4 Uhr 30 Min., zur Zeit der Tag- und Nachtgleiche schiebt sich diese Zeit auf 3 Uhr 18 Min. vor, bei der Wintersonnenwende ist für jenes Klima ein zehnfüßiges Maß gar nicht mehr möglich. Die aristophanische Zeit von 12 Fuß kann das ganze Jahr hindurch, wechselnd von 1—5 Uhr unserer Zeit, innegehalten werden³⁾; das bei dem Komiker Eubulos vorkommende Schattenmaß von 20 Fuß wechselt zwischen 2 Uhr 50 Min. (W.W.) und 5 Uhr 49 Min. (S.W.). Daß die Nachmittagszeit nach des Tages Arbeit dem Menschen zur Erholung bestimmt ist, drückt die Aufschrift einer an-

1) Selbst das ärztliche Journal der Hippokratischen Epidemien drückt sich nicht bestimmter aus VII 25 (V 396 Littré): *ἔκτῃ* [n. *ἡμέρῃ*] *πάλιν τὴν αὐτὴν ὥρην* [Zeit, nicht Stunde] *περὶ πληθύνσαν ἀγορὴν* — VII 31: *ἀπέθανε πρὶν ἀγορὴν λυθῆναι*.

2) Eccl. 651: *σοὶ δὲ μελήσει, ὅταν ᾗ δευῶπουν τὸ στοιχεῖον, λιπαρὸν χωρεῖν ἐπὶ δειπνον*. Über *στοιχεῖον* (Schattenstufe im Geg. zu *στοῖχος*, der ganzen Schattenschicht) vgl. Diels, *Elementum* S. 67. So verhält sich *λαμβεῖον* (iamb. Vers) zu *λαμβος* (iamb. Gedicht), *ἐλεγείον* zu *ἐλεγος*, *σημεῖον* zu *σημα*. Anders Lagercrantz, *Elementum* (Upsala 1911) S. 98 ff.

3) Bilfinger a. a. O. S. 14.

tiken Sonnenuhr, die in der griechischen Anthologie¹⁾ sich findet, mit einem niedlichen Wortspiel aus:

Gib sechs Stunden der Arbeit; die Ziffern der folgenden Stunden
Mahnen als Lettern gefaßt: Freu dich des Lebens, o Mensch!

Die rohe Methode, durch Abschreiten der eigenen Schattenlänge die Zeit ungefähr abzugrenzen, muß sich bei den Bauern durch das ganze Altertum bis in das Mittelalter gehalten haben. Wir haben noch zu diesem Zwecke verfaßte Stundentabellen bei Palladius, dem Verf. eines landwirtschaftlichen Werkes etwa des 4. nachchr. Jahrh. und sonst erhalten.²⁾

Im Gegensatze zu dieser Bauernuhr muß sich in wissenschaftlichen Kreisen die mit dem Gnomon ausgestattete Sonnenuhr im fünften und vierten Jahrh. eingebürgert haben. Astronomen wie Oinopides und Meton zu Perikles' Zeit können ihre Beobachtungen nicht ohne ein solches Instrument ausgeführt haben. Die Sonnenwarte (*ἡλιотρόπιον*) der letzteren kann nur ein großer Gnomon gewesen sein, wie ein solches Heliotropion in Syrakus im Anfang des 4. Jahrh. der Tyrann Dionysios I. errichten ließ.³⁾ Und von dem berühmten Astronomen Eudoxos von Knidos wird uns eine auf die technische Ausführung der Sonnenuhr bezügliche Neuerung glaubwürdig bezeugt.⁴⁾

1) Anth. Pal. X 43: *ἔξ ὥραι μόχθοις ικανότατοι, αἱ δὲ μετ' αὐτάς γράμμασι δεικνόμεναι ΖΗΘΙ λέγουσι βροτοῖς*. Die Zeichen *ζηθι* als Zahlenzeichen bedeuten 7. 8. 9. 10, also 1—4 Uhr nachmittags.

2) Das byzantinische Excerpt eines gewissen Theophilus gibt die Anweisung, wie man Fuß vor Fuß setzend (*ἐν τῷ μετατιθέναι ἓνα παρ' ἓνα πόδα*) bis zu der vorher gemerkten Scheitelspitze des eigenen Schattens die Stunden messen könne. S. Bilfinger a. a. O. S. 55 ff.

3) Plut. Dion. 29: *ἡλιотρόπιον καταφανὲς καὶ ὑψηλόν*. Rehm, *Pauly-Wiss., Realenc.* VIII 2419.

4) Vitruv. IX 8, 1 zählt unter den Erfindern von Horologien auf: *arachen Eudoxus astrologus*. Es ist sicher, daß der berühmte Knidier und kein anderer gemeint ist (Boeckh, *Sonnenkreise* 11 ff.), und es ist nicht

Eudoxos (ungef. 408—355) hielt sich in den sechziger Jahren des 4. Jahrh. längere Zeit in Athen auf und verkehrte in der Akademie mit Aristoteles und den anderen gelehrten Schülern, die sich um den greisen Platon sammelten. Wenn daher das berühmte Philosophenmosaik von Torre Annunziata (s. Titelbild) die Schüler Platons um den Meister, der in der Mitte sitzt und geometrische Figuren in den Sand zeichnet, gruppiert (hinter den Bäumen der Akademie sieht man in der Ferne die Akropolis, hinter der die Sonne aufgeht), so wird man sich nicht wundern, daß in der Mitte des Gartens auf hoher Säule eine Sonnenuhr angebracht ist, deren Ausstattung mit dem Gnomonstifte oben und den 12 Stundenstrichen darunter den gewöhnlichen Typus dieses Instrumentes darstellt, dessen Vorderseite ganz richtig nach Süden gerichtet ist. Denn in einer wissenschaftlichen Schule, in der die Mathematik und Astronomie eine immer mehr zunehmende Bedeutung und Ausdehnung gewannen, durfte dieser Zeitmesser nicht fehlen. Hat doch Plato selbst, wie wir sehen werden, eine Nachtuhr konstruiert, die den Genossen das Signal zum Aufstehen und zur Morgenarbeit gab (vgl. S. 198).

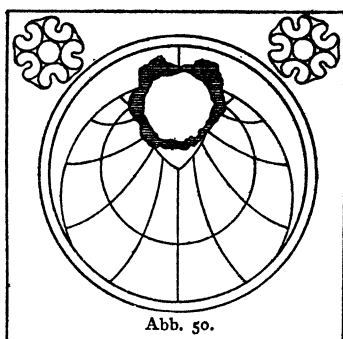
Auf die mathematische Grundlage, auf welche die antiken Astronomen die Verfertigung der Sonnenuhr gestellt haben, kann ich in diesem Rahmen nicht näher eingehen und die von Vitruv und Ptolemäus gegebene Anleitung zum Entwerfen des geometrischen Aufrisses, der Projektion

minder sicher, daß die „Spinne“ sich auf die Einrichtung einer Sonnenuhr bezieht, die spinnenartig ein Netz, sei es in Draht oder in eingeritzten Linien, zur Auffindung der Stunden in den verschiedenen Jahreszeiten enthielt. Jedenfalls war dies Netz nicht identisch mit der ähnlich aussehenden Scheibe des Astrolabs, die ebenfalls *ἀράχνη* hieß (Ioann. Alex. d. astrolab., *Rhein. Mus.* 6, 1839, 135), wie P. Tannery, *Mém. scientifiques* (Toul-Paris 1912) I 320 und *Recherch. sur l'hist. de l'astr.* S. 2 ff. meint. Doch vgl. unten die Salzburger Uhr, S. 213 ff.

der Schattenlinien auf der auffangenden Fläche, darlegen.¹⁾ Der Hauptunterschied der antiken und modernen Sonnenuhren beruht auf der verschiedenen Stundeneinteilung. Die Alten mit ihren langen Sommer- und kurzen Wintertagsstunden schmiegt sich elastisch dem Wechsel der Natur an. Wir mit unsern gleichbleibenden Äquinoktialstunden vergewaltigen die Natur, was ja auch wieder zu Mißständen führt (Sommerzeit). Die antike Uhr mußte also dem verschiedenen Höhestande der Sonne folgen, und die Schattenkurven, welche der die scheinbare Sonnenbahn widerspiegelnde Gnomon auf dem Boden beschrieb, mußte täglich wechseln. Jeden Tag hatte die abzulesende Stunde einen andern Ort. Der durch den Schatten umschriebene Tagesbogen wurde stets verschieden in die 12 Teile eingeteilt. Dies hat man ursprünglich gewiß nur empirisch ausprobiert, indem man an den vier Hauptpunkten des Jahres, den Wenden und den Gleichen, die Schattenlinien auf einer ebenen Fläche aufzeichnete und das aus der Gerichtspraxis der Alten geläufige Abmessen des Wassers der Klepsydra auf die Sonnenuhr übertrug. Das Quantum, das dem langen Sommertag oder dem kurzen Wintertag entsprach, ließ man in zwölf gleichen Teilen auslaufen und machte nach Ablauf jedes Zwölfteils auf den Kurven einen Strich. So erhielt man für die vier Hauptkurven des Jahres je zwölf Stundenpunkte, die miteinander verbunden das Hauptgerüst des Netzwerkes bilden, das auf den antiken Sonnenuhren in mannigfachster Ausführung uns entgegentritt. Ich setze eine der gewöhnlichsten Formen dieser

1) Vitruv. IX 7, 2—6. Ptol. de analemmate (Ptolem. Opp. II 189ff. ed. Heiberg). Speziell versteht man unter Analemma (wörtl. *Aufnahme*) die Projektion auf einer horizontalen Fläche. Vgl. Bilfinger a. a. O. 28; Manitius, *Ztschr. Weltall* 1906, 219ff.; Kauffmann, Pauly-Wiss., *Realenc.* I 2053f.; Rehm *das. VIII* 2420ff., *Munchn. Sitz.-Ber. (phil.)* 1916 n. 3 S. 12.

Netze hierher, die später ausführlicher erläutert werden wird (Abb. 50). Da die Sonne von der Sonnenwende im Zeichen des Krebses (♋) sich nach dem Äquator zurückwendet und ebenso im Winter von dem Wendekreis des Steinbocks (♐), so kommen in der Regel nur drei Horizontalkurven neben den 12 vertikalen Stunden-



linien zur Anwendung. Das übrige ergab sich annähernd. Nur die wissenschaftlichen Instrumente müssen eine genauere Graduierung gezeigt haben.

Bei der Herstellung der Sonnenuhren mußte es sich bald herausstellen, daß die auffangende Fläche das Schattenbild der Sonnenbahn am richtigsten wiedergibt, wenn man eine dem Himmelsgewölbe entsprechend halbkugelförmig ausgehöhlte Auffangfläche wählte, die Skaphe (Becken) genannt wurde. Da nur die eine Hälfte dieser Halbkugel zur Wiedergabe der Sonnenbahn nötig war, schnitt man dieses Becken durch. Dadurch gewann man zugleich den Vorteil, daß man das Netzwerk der Linien nicht bloß dem Blicke von oben darbieten konnte. Man fertigte so in der Regel die üblichen Sonnenuhren aus einem viereckigem Stein an, indem man in die obere Kante eine dem Zenit zugekehrte Halbkugel oder, was technisch leichter herzustellen war, einen Halbkegel eingrub, über deren Mitte die Gnomonspitze (der Polos) je nach der Polhöhe des Ortes in verschiedener Größe und Stellung befestigt wurde.

Da in der alexandrinisch-römischen Zeit die hervorragenden Beamten mit den Gelehrten wetteiferten in allen, auch kleineren Städten öffentlich zugängliche Sonnen-

uhren zu errichten und Tempel, Zirkus, Bäder gern mit diesem praktischen Zeitmesser ausstatteten, da ferner auch wohlhabende Privatleute sich mehr und mehr den Luxus einer solchen Uhr in ihren Häusern und Villen gestatteten, ist eine große Anzahl von solchen Instrumenten bei den Ausgrabungen zutage gekommen, von den größten bis zu den kleinsten Formaten und in einer Fülle der Muster und Systeme, daß man den fruchtbaren Scharfsinn dieser Techniker nicht genug bewundern kann.¹⁾ Aber freilich die meisten dieser Uhren sind Handwerkerarbeit und lassen es oft an der nötigen Genauigkeit fehlen. Das Netz wurde oft nur empirisch ausprobiert, nicht wissenschaftlich berechnet. Die Ausführung lag in der Regel in der Hand der Architekten, die, wie Vitruv zeigt und seine Kollegen in der modernen Zeit bestätigen²⁾, nicht immer diese Aufgabe mit dem nötigen Verständnisse angefaßt haben.

Trotzdem sind wir dem genannten Baumeister der augusteischen Zeit für seine den griechischen Quellen entnommenen Beschreibungen von Sonnenuhren zum größten Danke verpflichtet. Wir können die von Vitruv IX 8 gegebene Aufzählung verschiedener Systeme zum Teil noch mit den aus dem Altertum uns erhaltenen Stücken identifizieren.

Die Erfindung der erwähnten einfachsten Form der Sonnenuhr, die er Skaphe oder Hemisphaerium nennt, schreibt er dem berühmten Astronomen Aristarchos von Samos zu, der 288—277 vor Chr. zu Alexandria seine Himmelsbeobachtungen angestellt und auf Grund dessen das heliozentrische System als Vorläufer des Kopernikus empfohlen hatte. Aber die Erfindung der Skaphe kann

1) In Pompeji und Milet sind je 3, in Aquileja sogar 6 Sonnenuhren gefunden worden.

2) Vgl. Höfler, *Didaktik der Himmelskunde* (Lpz. 1913) S. 144, 1.

nicht erst damals gemacht worden sein.¹⁾ Sein Name wird vielmehr hier darum genannt werden, weil er die wissenschaftliche Theorie, die dieser Konstruktion zugrunde liegt, zuerst genauer begründet hat. Erhalten hat sich von diesem Skaphesystem, wie es scheint, nur ein einziges geringes und zerstücktes Exemplar: die Sonnenuhr von Cannstatt.²⁾ In dem Becken sind oben und unten zwei nach oben gewölbte Kurven eingeschnitten (Wendekreise), die in der Mitte von dem Meridian geschnitten werden. Zur Linken erstrecken sich 6, zur Rechten 5 vertikal gerichtete Kurven. Das sind die elf Stundenlinien, die auf den Sonnenuhren verzeichnet zu werden pflegen. Die letzte Stunde wird durch den rechten Rand gebildet. Man hat vermutet, die Uhr sei für die Breite von Rom gearbeitet und von dort nach Deutschland exportiert worden. Aber dies und die Zusammensetzung der Stücke ist nicht ganz sicher.

Ein besser erhaltenes und wissenschaftlich interessanteres Stück dieser Gattung ist die sog. Zwillingssuhr von Pergamon, die bei den deutschen Ausgrabungen 1907 zutage gekommen ist.³⁾ In die Mulde des Beckens sind zwei Systeme mit zwei Gnomonstiften hineinkomponiert. Der eine Gnomon *L* dringt von Norden, der andere *K* von Süden gegen die Mitte der Skaphe *A* vor. Diese war, wie der unten angebrachte Zapfen (Taf. x) zeigt, wie ein Brunnentrog in eine Mauer eingelassen und von oben zu betrachten. Für Abzug des einfallenden Regenwassers sorgte das in der Mitte des Beckens angebrachte Loch. Abb. 51 stellt

1) Rehm, *Athen. Mitt.* 36 (1911) 253.

2) Schlieben, *Ann. d. Ver. f. Nass. Altert.* XX (1887) 327, Taf. 13 Fig. VIII^a.

3) Rehm, *Ath. Mitt.* 1911, 251; *Naturw. Wochenschr.* N. F. XIV n. 43 S. 675. Mein Kollege Prof. Guthnick (Sternwarte in Neubabelsberg) hatte die Güte, die zur Erläuterung dienende Projektion (Abb. 51) beizusteuern.

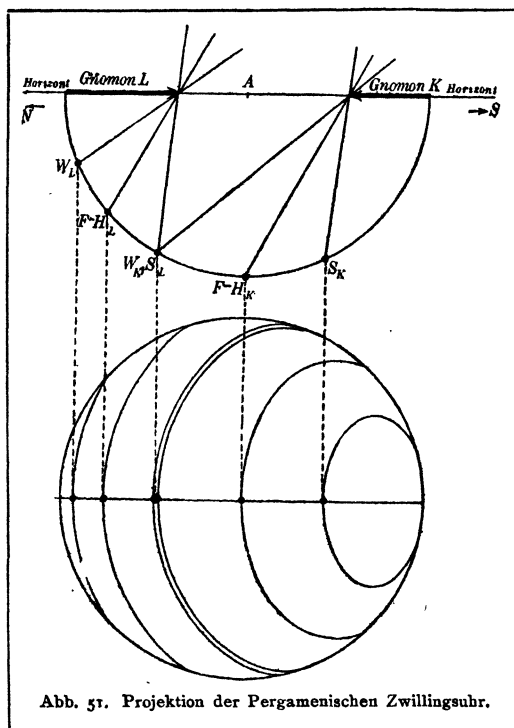


Abb. 51. Projektion der Pergamenischen Zwillingssuhr.

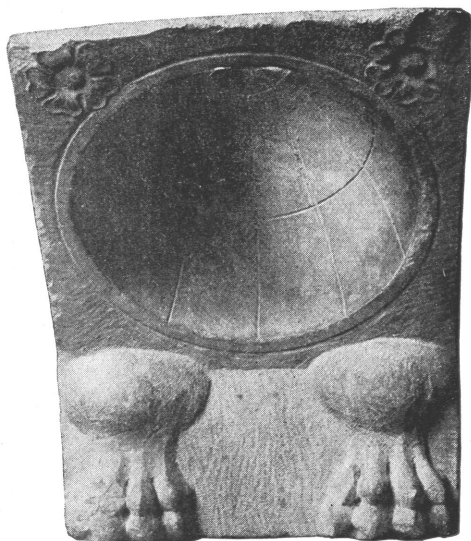
den Strahlengang um die Mittagszeit am Anfang des Sommers, Frühlings, Herbstes und Winters dar. Die beiden Gnomone sind durch Pfeile, die Ört der Schattenspitzen durch Punkte auf dem Halbkreis bezeichnet. Der Ort der Schattenspitze des Gnomons *L* am Sommeranfang fällt nach Absicht des Verfertigers der Uhr mit dem Orte der Schat-

tenspitze von *K* zur Zeit des Winteranfangs zusammen. Der für den Mittag der beiden Tage geltende Punkt ist dicker als die andern gezeichnet. Ihm entspricht in dem Becken (Taf. x) für alle Stunden des Tages der Doppelkreis, der sich links vom Wasserloch von Osten nach Westen erstreckt. Die Buchstaben *W S F H* bedeuten Winter, Sommer, Frühjahr, Herbst, die Indizes *L* und *K* die beiden Gnomone. Die punktierten Linien verbinden die einander entsprechenden Punkte der beiden Abbildungen. Der Beschauer wird im Süden stehend gedacht.

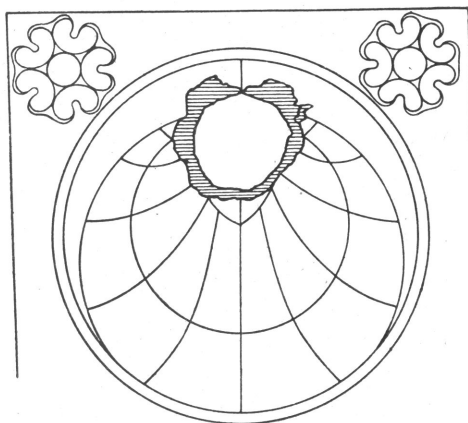
Er sieht also von links nach rechts in der Mulde zu-



Zwillingsonnenuhr aus Pergamon (nach Rehm).



1. Berliner Skaphe Nr. 1049.



2. Netz dieser Uhr.

nächst die fast vollständig sichtbare Ellipse, welche die Schattenspitze des Gnomons K zur Zeit der Sommersonnenwende beschreibt. Der folgende Bogen beschreibt den Weg der Schattenspitze von K zur Zeit der Frühlings- oder Herbstgleichen; der Doppelbogen ist, wie gesagt, der Weg der Schattenspitze von K zur Wintersonnenwende und zugleich der Weg der Schattenspitze des entgegengesetzten Gnomons von L zur Zeit der Sommersonnenwende. Der folgende Bogen beschreibt den Weg der Schattenspitze von L zur Zeit der Gleichen; endlich der äußerste Bogen nahe dem linken Nordrande zeigt den Weg dieser Schattenspitze zur Zeit der Wintersonnenwende.

Eine sinnreiche Abänderung der Beckenform stellt die eine der beiden im Berliner Antiquarium befindlichen Sonnenuhren dar.¹⁾ Es ist bekannt, daß die Genauigkeit des Schattenbildes, das der Gnomon wirft, durch den Halbschatten, der sich um den Kernschatten legt, verdunkelt wird. Dieser Übelstand wird vermieden, wenn man das Sonnenlicht durch ein feines Loch hindurchgehen läßt, wie z. B. der im Schulunterricht empfohlene einfachste Gnomon sich durch eine in Form von \vee geknickte Spielkarte herstellen läßt, durch deren Knickkante oben ein Loch gestochen ist.²⁾

Dies wußte man bereits im Altertum sich zunutze zu machen. Der Meister des Berliner Horologiums (Taf. XI) hatte in die Oberfläche des Steines eine Metallplatte eingelassen

1) *Beschreib. d. Berl. Skulpt.* (B. 1891) n. 1049. Abgebildet, aber in falscher Lage, bei Woepcke, *Disquisitiones archaeologico-mathematicae circa solarium veterum*, Diss. Berl. 1847, Fig. VII A. VIII B. Unsere Abb. (Taf. XI) ist nach einer mir von der Direktion zur Verfügung gestellten Photographie angefertigt.

2) Höfler, *Didaktik* S. 139. In italienischen Kirchen und anderwärts sieht man oft, wie ein in die Decke gebohrtes Loch den Mittagsschatten auf den Boden der Kirche wirft. So kann z. B. in S. Petronio in Bologna die Mittagszeit bis auf $\frac{1}{4}$ Sekunde genau bestimmt werden. Ähnliche Einrichtung hat auch der Florentiner Dom und manche andere Kirche.

und darein ein feines Loch gebohrt, das den Sonnenstrahl in Gestalt eines hellerleuchteten runden Scheibchens auf das Netz in der darunter befindlichen Halbkugelöffnung werfen muß. Das Netz selbst hat die größte Ähnlichkeit mit einem Spinnweb. Ich schließe mich daher der mir von Herm. Degering (Berlin) mitgeteilten Vermutung an, daß das Original dieser Uhrkonstruktion auf die Arachne (Spinne) des Eudoxos zurückgeht.¹⁾ Man erkennt unschwer auf dem Spinnennetz die $6 + 5$ Stundenlinien und die drei konzentrischen Kreise, die den Stand der Sonne an den beiden Wenden (oben und unten) und an den Gleichen (Mitte) angeben.

Die genaue Anfertigung einer halbkugelförmigen Skaphe in Marmor ist technisch nicht ganz leicht. Außerdem ist eine solche Mulde mühsam zu betrachten und nicht auf weite Entfernungen berechnet. Daher ist man wohl schon früh dazu übergegangen, die Halbkugel nur teilweise auszuscheiden und sie aufrecht zu stellen. Dies ist die beliebteste Form der Sonnenuhr im Altertum gewesen, deren Erfindung Vitruv dem Chaldäer Berossos zuschreibt, der gleichzeitig mit dem erwähnten Astronomen Aristarch von Samos am Anfang des dritten Jahrh. ein chronologisch-astronomisches Werk geschrieben hat.²⁾ Auch hier dürfen wir annehmen, daß die Erfindung viel älter ist und die Angabe des römischen Architekten nur eine Erwähnung oder Beschreibung des *hemicyclium excavatum* genannten Systems durch Berossos voraussetzen läßt.

Eine Beispiel dieser Gattung gibt eine in Rom in den Orti Palombara auf dem Esquilin gefundene Sonnenuhr

1) S. oben S. 160, Anm 4.

2) Vitruv IX 8, 1: *hemicyclium excavatum ex quadrato ad enclimaque succisum Berossus Chaldaeus dicitur invenisse*. Die Theorie verlangt, daß diese 'aus dem Viereck entsprechend der Polhöhe nach unten abgeschrägte Halbkugel' nun wirklich eine Halbkugelfläche darstelle. Man begnügte sich aber, wie gesagt, aus technischen Gründen meist mit einem Kegelsegment.

(Kaiserzeit). Die griechischen Inschriften zählen links und rechts von der Mittagslinie, an deren oberer Spitze der weggebrochene Gnomon wagerecht überstehend angebracht war, je sechs Monate auf von Januar bis Juni

(links) und Juli bis De-

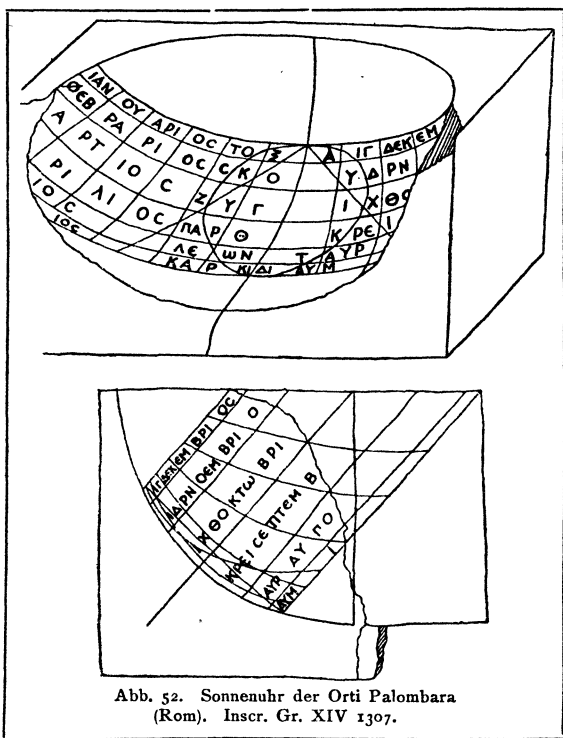


Abb. 52. Sonnenuhr der Orti Palombara (Rom). Inscr. Gr. XIV 1307.

zember (rechts). Daneben stehen die ungefähr entsprechenden Sternbilder des Zodiakus von Krebs—Zwillinge (unten) bis Schütze—Steinbock (oben).¹⁾ Ein Kreis umfaßt diese ganze Zone (es ist der sog. Monatskreis, gr. *μηνιαῖος*, der in dem antiken Analemma eine Rolle spielt²⁾) und ein Dreieck deutet an, wie die Lichtfülle sich von der Sonnenwende an (unten) von Monat zu Monat mehr und mehr verkleinert bis zu dem Minimum am Ende des Jahres. Die Stundenlinien durchschnei-

1) Die beiden Kolumnen sind jedoch vertauscht. Die Reihe Steinbock—Zwillinge müßte links, die Reihe Krebs—Schütze rechts vom Meridian stehen.

2) S. Bilfinger, *Zeitmesser* S. 28.

den rechtwinklig je sechs rechts und links vom Meridian (die Randlinien mitgerechnet) die sechs Monatskreise. Eine ähnliche Einteilung, nur anders orientiert, zeigt eine besser erhaltene flache Sonnenuhr aus Pompeji (Inscr. Gr. XIV 705), wo die Tierkreisbilder am Rande stehen; die Monatskurven sind unten und oben mit dem Namen Sommer- und Winterwende (*τροπή θερινή* und *χειμερινή*), das Äquinoktium durch *ἰσημερία* und die Mittagslinie durch *μεσημβρία* bezeichnet. Die Tafel selbst gehört zu dem sog. Schwalbenschwanzsystem (s. S. 179).

Eine ähnliche Sonnenuhr nach Berossischem System scheint in der Nähe von Alexandria im 3. vorchr. Jahrh. aufgestellt gewesen zu sein. Leider ist uns von ihr nur die Erklärung und diese nur teilweise auf einem dort gefundenen Marmorblock erhalten.¹⁾ Sie lautet: „Durch die hintereinander folgenden Kreise, die von Osten zum Westen durchlaufen, wendet sich die Schattenspitze vom einen zum andern Kreise in 30 Tagen. Indem die Schattenspitze von der Wintersonnenwende (♄) zur Sommerwende (♊) sich umwendet, zeigt sie an, daß, durch welches der Tierkreiszeichen vor der Mittagslinie sie hindurchzieht, sich in diesem die Sonne befindet. Wenn sie auf der gestrichelten Linie²⁾ sich bewegt, zeigt sie das Wehen des Zephyrs an. Wenn sie aber von der Sommerwende zur Winterwende sich wendet, so zeigt sie an, daß, durch welches der Tierkreiszeichen hinter der Mittagslinie sie hindurchgeht, in dieser sich die Sonne befindet. Wenn sie auf der gestrichelten Linie sich befindet, zeigt sie den Untergang der Plejaden an.“ Die Sonnenuhr versah also auch, wie bei den

1) *Bull. de la Société archéol. d'Alexandrie* IV (Alex. 1902) S. 83; Wilamowitz, *Berl. Sitz.-Ber.* 1902, 1096; Rehm, Pauly-W., *R.-E.* VIII 2425. Wahrscheinlich war der Text in drei Kolumnen geordnet und ist das erhaltene Stück der Mittelblock gewesen.

2) Der Grieche sagt, 'auf den Iota' (*ἐπὶ τῶν ἰωτᾶ*), weil ihm der Buchstabe, der zugleich die Abkürzung für *ἰσημερία* (Gleichen) ist, auch als Strich dient.

vorigen Exemplaren, die Stelle des Kalenders, indem sie den Eintritt des Winters und Schluß der Schifffahrt, der durch den Frühuntergang der Plejaden im November, und den Frühlingsanfang (Öffnung der Schifffahrt im März), der durch das Zephyrwehen verkündet wurde, auch dem Auge durch die Sonne anzeigte.

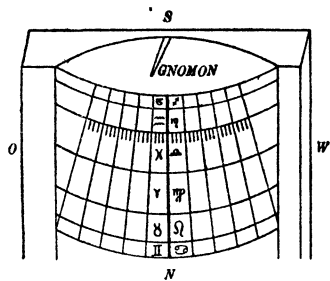


Abb. 53.

Es hat einen gewissen Reiz, nach dieser Beschreibung die Sonnenuhr selbst zu rekonstruieren. So stehe denn hier (Abb. 53) meine schematische Skizze, die freilich von der Anschauung meiner Vorgänger z. T. erheblich abweicht und auf astronomische Richtigkeit der Linien keinen Anspruch macht.

Derselben Gattung von Sonnenuhren scheint auch der nicht mehr erhaltene mächtige Bau anzugehören, der aus Zeichnungen der Renaissance unter dem Namen *Menologium rusticum Vallense* bekannt ist.¹⁾ Der Bauernkalender, der die drei Seiten des Vierecks einnimmt (je vier Monate), wird auf der Vorderseite (Mai—August) von einer dreifachen Sonnenuhr bekrönt, indem die mittlere Fläche des Oberbaus einen halbkugelförmigen (oder konischen?) Ausschnitt trägt, während kleinere Teiluhren auf den schrägen Eckseiten der Vorderseite angebracht sind. Die Horizontalkurven stellen, wie es scheint, lediglich die drei Hauptlinien (Wenden und Gleichen) dar.

Wichtiger ist schon wegen der Person des Stifters das

1) Die Inschriften stehen im *Corp. Inscr. Lat.* I² 282. VI n. 2306; die Sonnenuhren sind am besten abgebildet bei Ashby, *Pap. of the Brit. School at Rome* II S. 33, n. 48, Taf. 48; die Reliefs der Tierkreisbilder und Inschriften bei Symeoni, *Illustrazioni degli epittaffi*, Lione 1558.

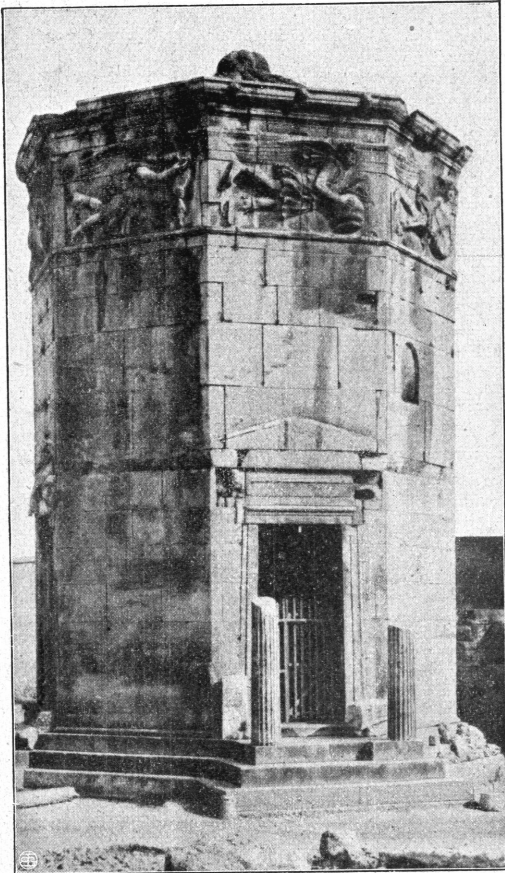
einst im berühmten Tempel des Poseidon zu Tenos (h. Tinos) von dem Astronomen Andronikos aus Kyrrhos erbaute Monument.¹⁾ Er hat sich selbst in Versen verewigt, die er auf der Nordseite des Baues eingraben ließ.²⁾ Das Monument redet seinen Schöpfer mit folgenden Worten an:

Eudoxos, den berühmten Astronomen
 Hat Kyrrhos, deine Heimat, unsrer Welt
 In dir, o Andronikos, neu erweckt.
 Du wußtest des Himmels Strahlenkreis zu teilen
 Und grundgelehrt die Sphärenkunst Arats
 Zu deuten, wußtest auch die Finsternisse
 Von Sonn' und Mond uns sicher zu verkünden
 Und jetzt gewannst du hier den Siegespreis,
 Indem du uns im Bilde zeichnest
 Der himmlischen Jahreszeiten Wechselbahn.
 Nun ist auch hier, wo oft du eingekehrt,
 Dein Streben anerkannt durch dieses Werk;
 Doch Kyrrhos, die gesegnete Heimatstadt,
 Die dich den Sohn des Hermias gebär,
 Trägt nun zugleich den Ehrenpreis davon.

Der Ehrgeiz dieses offenbar recht wohlhabenden Gelehrten trieb ihn dazu, sich auch in Athen, dem noch immer maßgebenden Mittelpunkt der antiken Wissenschaft, ein solches Denkmal zu errichten, das in der Tat ihm die Unsterblichkeit gesichert hat. Es ist der bekannte 'Turm der Winde', der auf dem Dache eine Wetterfahne, an den Seiten des Oktogons partielle Sonnenuhren (allerdings anderen

1) Seine Vaterstadt Kyrrhos ist wohl nicht das makedonische. Vielmehr scheint die syrische Militärkolonie der Makedonen gleichen Namens (s. Beloch, *Gr. Gesch.* III 1, 265), die Münzen prägte und in einer damals wissenschaftlich hervorragenden Landschaft lag, eher in Betracht zu kommen. So auch Fabricius, *Pauly-W.* I 2167.

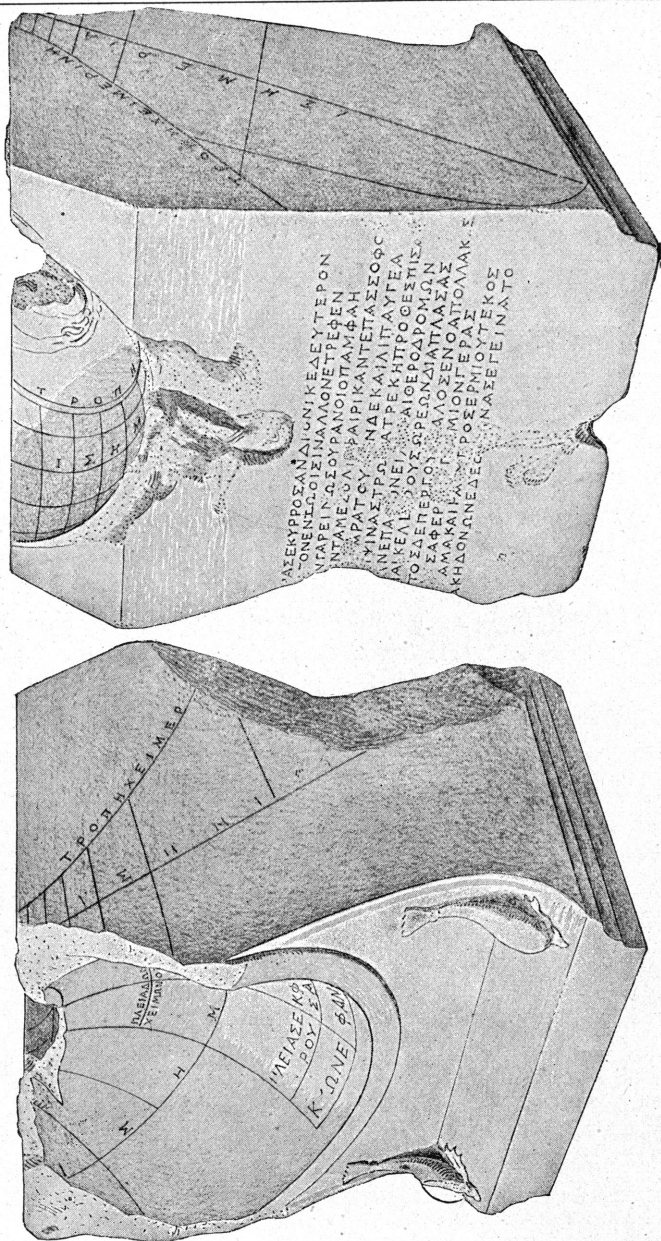
2) *Musée Belge* X (1906) 353; *Inscr. Gr.* XII 5, 891. Die Ergänzungen der Versanfänge 2. 5. 7. 9 stammen von mir. 2 *Ἐὐδοξόν* hat der hier befindliche Abklatsch so gut wie bestätigt, von *δο* sind auch noch unsichere Spuren vorhanden. In 5 ergänze ich *διελθὲν* *ἡρώτου*; 7 *καὶ νῦν*; 9 *γυναικὸς*; 10 *ἀφ' ἑξο* *ἰσά*.



Turm der Winde in Athen.

Bau des Andronikos Kyrrhestes.

Auf der Spitze des Daches drehte sich ein bronzenener Triton, der je nach dem Winde seinen Stab über einen der acht unter dem Gesimse abgebildeten Hauptwinde ausstreckte.



Sonnenuhr des Andronikos Kyrrhestes auf Tenos
(nach Inscriptiones Graecae XII 5).

Systems¹⁾) und in dem Gebäude selbst eine große Wasserruhr komplizierter Bauart enthielt (Taf. xii). Auf dem Denkmal in Tenos (Taf. xiii) hat er sich mit einem einfacheren Werke begnügt. Neben den Stundenlinien sind nur die Wendungen und Gleichen und die astronomisch-populären Merktage der Jahreszeiten (Plejadenuntergang usw.), wie wir das bereits auf der älteren alexandrinischen Sonnenuhr kennen gelernt haben, verzeichnet. Aber auch hier haben die nach Ost und West schauenden Seitenflächen entsprechende Sonnenuhren, soweit sie nach der Lage den Schatten weisen konnten, erhalten. Die Hauptseite, die, wie es gewöhnlich und naturgemäß ist, gen Süden gerichtet ist, trägt ein Berossisches Horologium, das aber nur 8, nicht 12 Stundenlinien zeigt, weil die Seitenuhren die Früh- und Spätstunden deutlicher zeigten.²⁾ Der Gnomon war vielleicht kein Stift, sondern nach dem Muster der Berliner 'Arachne' eine mit feinem Loche versehene Platte. Die Delphine am Sockel sind eine Huldigung für die Hauptbedeutung der Kykladeninsel, die darum auch dem meerbeherrschenden Poseidon den Haupttempel gewidmet hat, in dem das Werk des Andronikos Kyrrhestes Aufstellung fand.

Die Stiftungen des gelehrten Mäzen haben nicht nur bei den römischen Zeitgenossen Varro (de re rust. III 17) und Vitruv (I 6, 4 ff.) Bewunderung und Nacheiferung geweckt. Auch einen Athener Phaidros, des Zoilos Sohn, haben sie später (etwa zu Anfang des 3. nachchr. Jahrh.) zu ähnlichen Taten angespornt. Nachdem er zur Verewigung seines Archontates eine Treppe recht und

1) Die astronomische Berechnung gibt Delambre, *Hist. de l'astronomie ancienne* II 489.

2) Dies ist wenigstens meine Vermutung. Die Abbildungen genügen nicht zur sicheren Entscheidung.

schlecht erbaut hatte (I. G. III 239), faßte er den Plan, nunmehr auch eine Sonnenuhr zu stiften, die jetzt unter den Elgin marbles im Britischen Museum ihren Platz gefunden hat.¹⁾

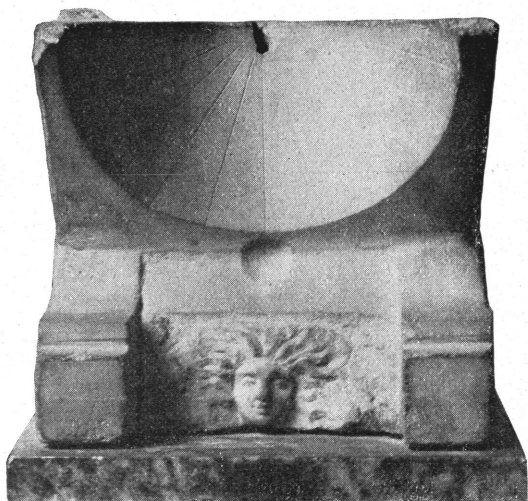
Die Uhr des Phaidros besteht aus vier tafelförmigen Teilsonnenuhren, die in Form eines W aneinander gefügt sind. Die beiden mittleren Tafeln hatten an der Spitze, wo sie im Winkel aufeinander stoßen, einen gemeinsamen Gnomon, die beiden äußeren, rechts und links zur Seite.²⁾ Doch gehören diese Tafeln nicht zum Berossischen oder, allgemein gesprochen, zum Skaphesystem, sondern vermutlich³⁾ zu der von Vitruv als Erfindung des Apollonios von Perge angegebenen Gattung der Pharetra-Uhren, die ihren Namen von den mit den Flächen eines Köchers vergleichbaren langgestreckten, oblongen Tafeln jener Sonnenuhren erhalten zu haben scheinen.

Wie bereits oben erwähnt, haben die antiken Handwerker es vorgezogen, statt einen Kugelabschnitt aus dem Steine auszuhöhlen, die Berossische Uhr konisch zu arbeiten und so ein Kegelsystem zu schaffen, für das Vitruv wieder mannigfache Namen und Erfinder in seiner Übersicht bereit hält: *Dionysodoros conum . . . alii . . . conarachnen, conicum plinthium*. Wir besitzen hier in Berlin außer der oben genannten Arachne (Taf. XI) eine solche konisch gearbeitete

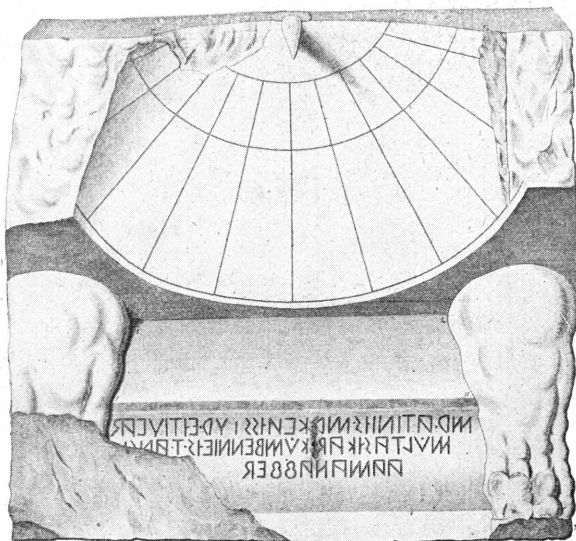
1) I. G. III 427. Das *ἐποίησεν* der Inschrift bezieht sich, wie die Analogie des tenischen Monumentes lehrt, auf die astronomische Konstruktion, nicht, wie Dittenberger meinte, auf die Marmorarbeit.

2) Die Berechnung der Liniaturen bei Delambre a. a. O. II 504. Vgl. Fig. 130 das.

3) So O. Rayet, *Ann. de Chim. et de Phys.* V. Sér. (1875) t. VI 60, der nur die Stelle des Vitruv IX 8 *Apollonius pharetram* nicht mit der Änderung *Andronicus* hätte verderben sollen. Die Berechnung dieser Uhrensorte ist, wie Delambre zeigt, ein ernstes mathematisches Problem, das den großen Pergäer wohl reizen mochte.



1. Berliner Conarachne Nr. 1048.



2. Konische Sonnenuhr aus Pompeji.

einfache Uhr¹⁾, die außer den Wendekreisen nur die üblichen 11 Stundenlinien zeigt, welche strahlenförmig zum Gnomon hinlaufen (Taf. XIV 1). Die Neigung der Fläche zeigt sich aus dem nebenstehenden Profile (Abb. 54). Unter dieser eingezogenen Vorderfläche ist ganz unten das Strahlenhaupt des Helios angebracht, auf der linken Seitenfläche der Kopf der Athene, ebenso rechts der des Dionysos.



Abb. 54.

Zu diesem System der „Conarachne“ gehört u. a. eine der römischen Sonnenuhren, die Amelung beschreibt²⁾, und das nach England verschleppte, aus Herculaneum stammende Exemplar, das leider nur in der ungenügenden und verfälschten Veröffentlichung eines englischen *diletante* bekannt geworden ist.³⁾

Ein fast vollständig erhaltenes Exemplar dieser konischen Gattung ist in Pompeji 1854 zu Tage getreten (Taf. XIV 2).

1) Früher n. 1048 (*Beschreib. d. ant. Sculpt. d. Berl. Mus.* 1891), jetzt im Magazin. Sie stammt aus Athen.

2) *Sculpt. des Vatic. Mus.* II Taf. 10.

3) *Inscr. Gr.* XIV 713. Die Stundenzahlen sind epigraphisch (Form des F!) wie astronomisch unmöglich. Überhaupt gibt es m. W. keine antiken Sonnenuhren, auf denen die Stunden, wie bei uns, mit Ziffern bezeichnet wurden. Die gewöhnlich dicker gezeichnete Mittagslinie gestattete von selbst die Zählung. Das meint Artemidor Oneirocr. III 66, wo er von der Bedeutung der Sonnenuhr für die Traumdeutung spricht: *ἐπὶ δὲ ἄμεινον τὰς πρὸ τῆς ἑτέρας ὥρας ἀριθμεῖν ἢ τὰς μετὰ τὴν ἑτέραν*. Vgl. auch Diels, *Procops v. Gaza Kunstuhr* (Berl. Ak. Abh. 1917 [ph.-h. Kl. n. 7] S. 14 f. Die ersten Stundenzahlen finden sich auf byzantinischen Sonnenuhren (Strzygowski, *Byz. Zeitschr.* III [1894] Taf. 3; Gedeon, *Ἐγγράφοι λίθοι καὶ κεράμια. πλν. α'* [Konstantinop. 1892] S. 46) und dann in den Abbildungen von Sonnenuhren, die König Alfons X. von Kastilien in seinem *Libro del Saber de Astronomia* gibt (s. Abb. T. IV S. 15—20 der Prachtausgabe von Rico y Sinobas, Madr. 1866 fol.) Er schöpft aus arabischen Quellen, die wieder aus griechischen abgeleitet sind. Über das Alter der 1852 bei der Basis der Kleopatranadel von J. Scott Tucker gefundenen, jetzt im Brit. Mus. aufbewahrten kleinen Sonnenuhr mit Stundenzahlen (Löschner, *Über Sonnenuhren*, Graz 1906) bin ich nicht unterrichtet.



Abb. 55. Uhr des Apollonios aus Herakleia.

Die Uhr war auf dem Dachrande des Frigidariums der Stabianer Thermen aufgestellt, die, wie alle Bäder, solche Zeitmesser für die Regelung des Badeverkehrs haben mußten.¹⁾ Die oskische Inschrift, die zwischen den Löwentatzen angebracht ist, lautet deutsch: 'Maras Atinius, Sohn des Maras, hat als Quästor auf Ratsbeschluß die Errichtung aus den (eingegangenen) Strafgeldern veranlaßt.' Mathematisch haben sich die braven Quästoren von Pompeji nicht sehr angestrengt. Denn außer den Stunden sind nur die Wendungen und der Äquator auf dem ausgehöhlten Kegelstücke angebracht. Doch ist wenigstens hier der zungenförmige Gnomon an seiner ursprünglichen Stelle erhalten.

Das älteste Exemplar der konischen Sonnenuhr verdanken wir den französischen Ausgrabungen O. Rayets in

1) B. Quaranta, *L'orologio a sole di Beroso* (Nap. 1854). Danach die Abbildung Taf. XIV 2. Oskischer Text: *Mr. Atiniis, Mr. kwaisstur. etiuwad. moltasikad. kombennieis tangi[n(ud)] amanaffed.* Vgl. Dessau, *Inscr. lat. sel.* II 2, 842 n. 7870 (Rom): *T. T. Cocui Gaa et Patiens quaestores tertio . . . horologium . . . columellam sub horologio Tiburtino . . . de decurionum sententia posuerunt.*

Herakleia am Latmos.¹⁾ Es befindet sich jetzt im Louvre. Nach der Widmung, die an der Südseite des Werkes eingegraben ist, hieß der Stifter Apollonios, Sohn des Apollodotos, und der Verfertiger Themistagoras, Sohn des Meniskos, aus Alexandria. Da die Uhr auf die Polhöhe der kleinasiatischen Stadt und nicht auf Alexandria eingerichtet ist, darf man wohl annehmen, daß der

Stifter, der zu Ehren des Königs Ptolemaios (vermutlich Philadelphos 283—247 v. Chr.) diese Uhr errichten ließ, sich an einen hervorragenden Gnomoniker (so hießen die Uhrmacher im Altertum) gewandt hat.

Da die Schule Euklids zu jener Zeit dort blühte und der große Pergäer

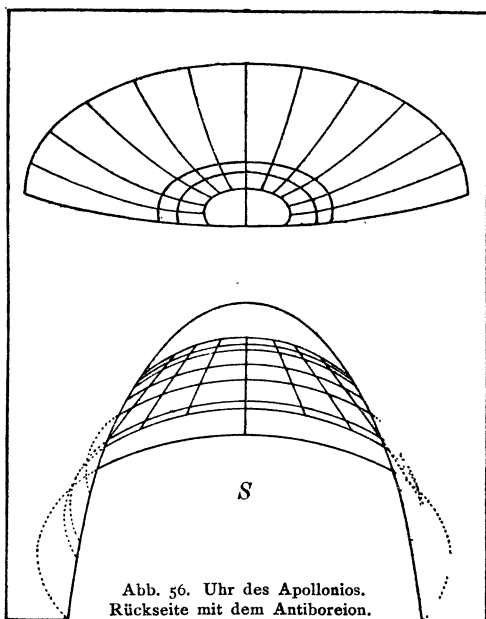


Abb. 56. Uhr des Apollonios.
Rückseite mit dem Antiboreion.

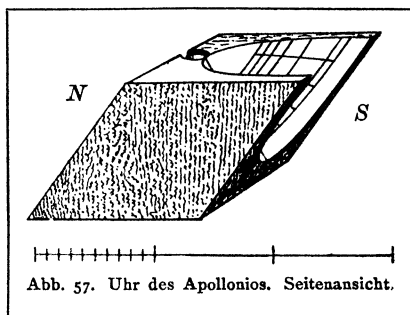


Abb. 57. Uhr des Apollonios. Seitenansicht.

1) G. und O. Rayet, *Annales de Chimie et Physique* Sér. V, t. II p. 61 ff. Taf. I. Danach hier Abb. 55—57.

Apollonios, dem Vitruv außer der Erfindung der Köcherform (s. oben S. 174) auch die Konstruktion der Arachne neben Eudoxos zuschreibt, zu jener Zeit die mathematischen Studien dort in Schwung gebracht hatte, so ist die Berufung eines alexandrinischen Fachmannes wohl zu verstehen. Auch ist es nicht unwahrscheinlich, daß dies Exemplar einer konischen Sonnenuhr auf den Namen Conarachne Anspruch machen kann, den die französischen Entdecker nach Vitruv ihr beigelegt haben.

Die Südseite der Uhr (Abb. 56) ist in einem Winkel von 38° gegen die Vertikallinie geneigt (Abb. 57). Die Breite von Herakleia beträgt genau $37^{\circ} 30'$. Der Stift des Gnomon ist nicht mehr erhalten. Er war, wie üblich, in der Verlängerung der Mittagslinie angebracht. Rechts und links von dieser sind die nach dem Gnomon zustrebenden Stundenlinien gezogen. Sie schneiden die sieben Kurven, innerhalb deren im Laufe des Jahres die 2×6 Zeichen des Tierkreises von dem Sonnenschatten durchgemessen werden.¹⁾


Merkwürdig ist nun, daß diese Uhr auch noch eine nach Norden gerichtete Skaphe enthält (s. Abb. 56 oben), die innerhalb des oberen und unteren Randes nur zwei Kurven enthält. Doch fehlen auch hier die elf Stundenlinien nicht. Die Entdecker sehen wohl mit Recht darin das Antibo-reion des Vitruv, da dieser Name nur das gegen Norden gerichtete Horologion bezeichnen kann. Da ein solches nach seiner Lage nur in der Sommerzeit Schatten werfen konnte, so erklärt sich, warum die vier unteren Kurven der Süduhr bei dieser Norduhr in Wegfall kommen mußten. Eine ähnliche Verbindung der beiden Uhrsysteme haben

1) O. Rayet bemerkt, daß die Abstände der Kurven dem mathematischen Ideale nicht genau entsprechen.

wir bei der pergamenischen Zwillingssuhr bereits festgestellt (S. 166f.).

Sehr verbreitet ist im Altertum neben den hemisphärischen und konischen Uhren des berossischen Systems, die man Vertikaluhren nennen kann, die Einrichtung von Horizontaluhren. Die Linien dieses Systems werden in der Regel in ein Viereck oder einen Kreis eingeschlossen und auf einer auf einem Postament ruhenden Steinplatte eingegraben, an die man wie an einen Tisch herantritt. Die Horizontallinien dieser Art bilden an der Sommer- und Winterwende naturgemäß Hyperbeln, deren Spitze im Meridian liegt, während der Äquator in der Mitte zwischen diesen beiden Grenzlinien eine gerade Linie bilden muß. Die elf Stundenlinien laufen immer schräger gegen Süden geneigt nach Ost und West aus. So bekommt dieses Linienschema die Gestalt eines Schwalbenschwanzes oder einer antiken Doppelaxt, deren Stiel durch den Meridian gebildet wird. Daher nennen die Griechen, deren plastisches Anschauungsvermögen auch ihrem Handwerksgerät so hübsche Namen zu geben weiß, dieses Schwalbenschwanzsystem Pelekinon.¹⁾

Patrokles, der uns nicht weiter bekannte 'Erfinder' der Pelekinonuhr, wie ihn Vitruv nennt, wird wie dessen übrige Erfinder die mathematische Theorie dieses Systems in einer Schrift niedergelegt haben. Aber die empirische Konstruktion einer solchen Horizontaltafel liegt ja für jeden, der den Schatten der Sonne auf dem Boden beobachtet (wie

1) Vitruv a. a. O. *Patrocles pelecium (invenit)*. Die Griechen nannten *πέλεκινος* auch die schwalbenschwanzförmige Verfürgung von Hölzern (vgl. oben Abb. 36. 37 und Heron I 370, 3 ff. Schmidt), die von *πέλεκυς* (Doppelaxt ) ihren Namen erhalten hat. Scyl. peript. 106 (S. 81 C. Müller) vergleicht damit die Gestalt Ägyptens.

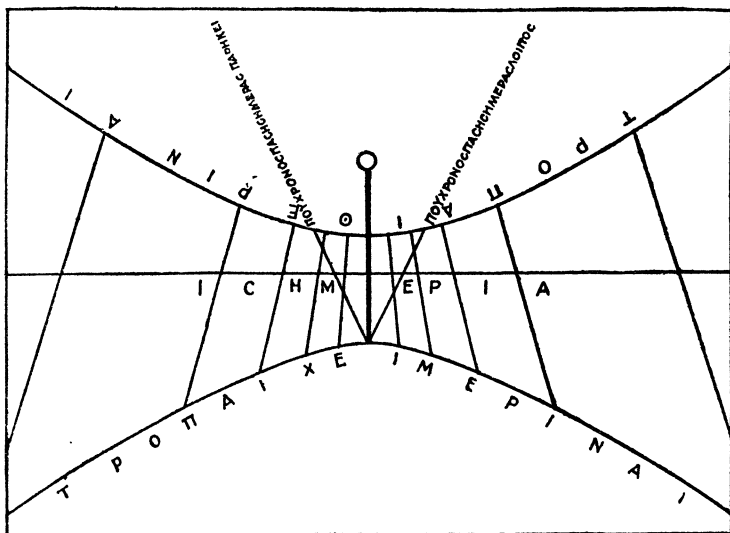


Abb. 58. Pelekinon aus Delos.

der moderne Schulunterricht es von den kleinen Astronomen der Mittelschulen ausüben läßt¹⁾), außerordentlich nahe. Durch handwerksmäßige Feststellung der Tageskurven auf einer glatten, ebenen Fläche ließ sich schon eine praktisch brauchbare Sonnenuhr konstruieren. Vitruv gibt eine elementare Anleitung dazu, das Rückgrat der ganzen Projektion, den Meridian, festzustellen.²⁾ Wer dann auch nur monatlich einmal die Schattenbahn der Sonne stündlich aufzeichnete und die gefundenen Punkte durch eine Linie verband, mußte sehen, daß er zur Zeit der Gleichens eine gerade, zur Zeit der Wendens eine stark nach dem Meridian zu eingeknickte Hyperbelkurve erhielt. So entstand von selbst eine Naturprojektion, deren geometrische Berechnung und Konstruktion zu finden Sache des Fachmathe-

1) S. Höfler, *Didaktik* S. 140.

2) I 6, 6, 12. S. oben S. 162¹.

matikers war. Jener Patrokles also wird diese geometrische 'Aufnahme' (ἀνάλημμα) für die Horizontaluhren zuerst vorgelegt haben.

Die älteste dieser Pelekina ist bei den französischen Ausgrabungen in Delos zutage gekommen.¹⁾ Es sind hier nur die Wenden und Gleichen (durch Beischriften bezeichnet) angegeben (Abb. 58). Diese drei Linien werden von der Mittagslinie in der Mitte geschnitten, der, wie üblich, die übrigen Stundenlinien, je fünf rechts und links, zur Seite treten. Der Gnomon war in dem kreisförmigen Loche oben angebracht. Ein Dreieck, dessen Spitze die Kurve der Winterwende berührt, wo diese von dem Meridian getroffen wird, zeigt das Wachsen der Tageszeit zum Sommer hin an, wie oben S. 169 ²⁾

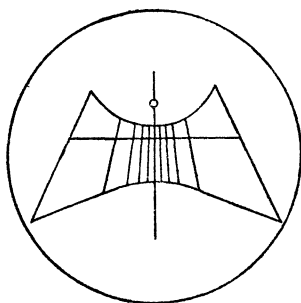


Abb. 59. Pelekinon aus Pompeji.

Zu einer pompejanischen Pelekinonuhr³⁾, deren Skizze hier steht (Abb. 59), hat Bilfinger eine erschöpfende Erklärung der Theorie gegeben.⁴⁾ Dadurch sind alle Schwierigkeiten des Verständnisses überwunden. Ich will aber noch die Exemplare dieser Horizontaluhren, die ein eigentümliches Interesse zeigen, hier vorführen.

1) Ardaillon in Daremberg und Saglio, *Dict. d. Antiqu.* III 260, Fig. 3888.

2) Bei dem Punkte, wo der linke Schenkel des Dreiecks die obere Kurve berührt, ist beigeschrieben: *ποῦ χρόνος πάσης ἡμέρας παρήκει* (wohin die Zeitdauer jedes Lichttages reicht), ebenso rechts: *ποῦ χρόνος πάσης ἡμέρας λοιπός* (wo die Zeitdauer jedes Tages aufhört). Wird also der kürzeste Wintertag, wie es hier geschieht, als 0 gesetzt, so nimmt die Dauer des Tageslichtes in demselben Verhältnis bis zum längsten Sommertage zu.

3) Abgeb. bei Avellino, *Descriz. d. una casa Pompeiana* (Nap. 1837) Taf. III, Fig. 5.

4) *Zeitmesser* (Stuttg. 1886) S. 36-

In Wiesbaden, den alten *Aquae Mattiacae*, haben die Römer, die dessen heiße Sprudel zu schätzen wußten, im ersten Jahrhundert unserer Zeitrechnung auf dem „Römerberg“ ein Kastell angelegt, an dessen südwestlichem Fuße an der auch jetzt noch benutzten heißen Schützenhofquelle ein Bad für die Besatzung angelegt wurde. Unter den Überresten dieser römischen Bäderanlage fand sich 1867 auch die Sonnenuhr, deren Abbildung Taf. xv 1 gegeben wird.¹⁾ Sie ist auf die Breite von Wiesbaden (50°) eingerichtet. Die Projektion der mittleren Linien, die man theoretisch konstruiert hatte, erwies sich beim praktischen Gebrauche nicht ganz richtig. Das ist dann, wie man sieht, korrigiert worden. Überhaupt ist die Arbeit handwerksmäßig, wie die Form der Kurven zeigt. Der Fundort zeigt, daß auch hier im antiken 'Wiesenbad' wie in den Bädern Pompejis der Besuch für das Publikum nach der Uhr geregelt wurde.

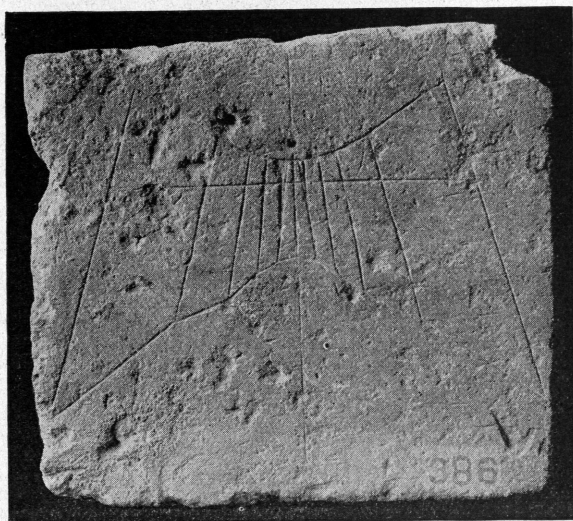
Um die Orientierung zu erleichtern, ist bei diesen Pelekinonuhren häufig eine Windrose angebracht worden, entweder isoliert unter der Projektion²⁾ oder als Kranz um das Linienfeld, wie in der Uhr (Taf. xv 2), die 1814 in der Vigna Cassini zu Rom aufgefunden wurde.³⁾

Die lehrreichste Uhr des Pelekinonsystems hat man *in situ* in Aquileja gefunden, das sich als ganz besonders

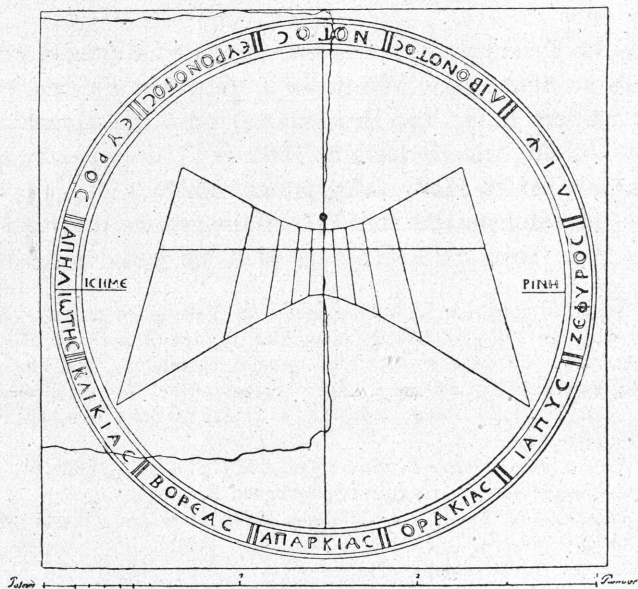
1) Der Stein steht im Altertumsmuseum zu Wiesbaden n. 386. Eine auf den Kopf gestellte Abbildung findet sich in den *Annalen d. Ver. f. Nass. Altertumsk.* IX (1868) 358. Eine genaue Berechnung der Uhr gab Schlieben ebenda XX (1888) 316. Die Photographie, die oben wiedergegeben wird, verdanke ich der Güte des z. Z. das Museum leitenden Professors Dr. Ritterling.

2) Wie in dem *Notizie d. Scavi* Jan. 1883 S. 48 abgebildeten, am Fuße des Mausoleums des Augustus gefundenen Fragmente.

3) Abb. bei Fr. Peter, *Di un antico Orologio Solare*. Roma 1815. *Atti dell' Accad. rom. d. arch.* I 2 (1823). Vgl. Rehm, *Windrose* S. 51; Pauly-Wiss. R. E. VIII 2426, 48.



1. Pelekine-Uhr aus Wiesbaden.



2. Horizontalsonnenuhr aus Rom (nach Fr. Peter).

ergiebig an Funden dieser Art erwiesen hat.¹⁾ Sie ist etwa zu Anfang des dritten nachchristlichen Jahrhunderts als Stiftung des M. Antistius Euporus in den dortigen Zirkus eingebaut worden und hat offenbar eine besondere Beziehung zu den dort abgehaltenen Spielen.

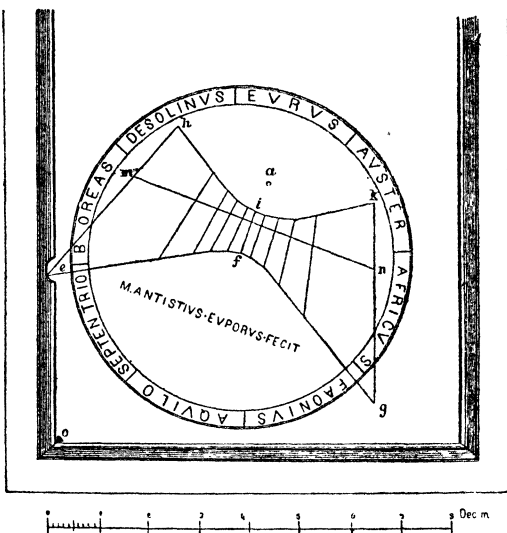


Abb. 60. Pelekinon des Euporus aus Aquileja.
(Aus Rehm, Griech. Windrosen, Seite 68.)

Da die Lage nicht frei gewählt, sondern den vorhandenen Bauwerken angegliedert werden mußte, so fällt die Längsachse des Tisches, auf dem die Sonnentafel angebracht war, nicht mit der Mittagslinie (N—S Abb. 61) zusammen, sondern geht von NW nach SO. Der Tisch selbst, dessen umrahmte Platte 1 m breit, 2,06 m lang ist, ruht auf zwei runden Pfeilern. Der eiserne Gnomon war in dem

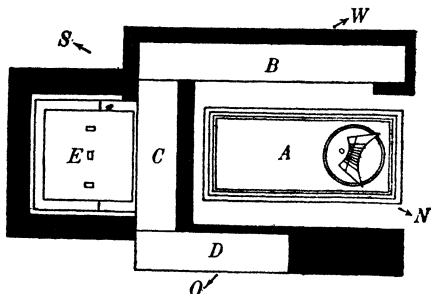


Abb. 61. Anlage der Uhr des Euporus.

1) Abb. 60. 61 aus Kenner, *Mitt. d. k. k. Central-Comm. z. Erforsch. d. Kunst* VI N. F. (1880) 7 ff. Dessau, *Inscr. lat. sel.* II 2 n. 8643.

Loche *a* (Abb. 60) südlich vom Ende der Mittagslinie *if* eingesetzt. In der Nordecke des Rechtecks bei *o* (Abb. 60) war der Abfluß für das Regenwasser angebracht. Um die drei Seiten nach O, S, W liefen Bänke (*B, C, D* Abb. 61). Solche Ruhebänke um die Horologien werden auch inschriftlich erwähnt.¹⁾ Die schmale Nordseite blieb ganz frei, um jederzeit ungehinderten Zutritt zu der Uhr zu gestatten.

Hinter der schmalen Südbank *C* erhob sich ein Postament *E*, dessen Bestimmung unklar ist. Man könnte vermuten, daß dort eine Windfahne oder eine Klepsydra aufgestellt war, die zur Ergänzung der Stundenmessung, namentlich bei trübem Wetter, dienen konnte. Aber wahrscheinlicher ist mir, daß hier ein Gerüst mit Holzeiern (*ovarium*) stand, das als Zählapparat für die einzelnen *missus* der Zirkusrennen benutzt ward.²⁾ Daneben wurden auch zu demselben Zweck Delphine benutzt. Auf den Bänken nahm wohl die Kontrollkommission der Spiele, welche das Zeichen zum Beginn der einzelnen Programmabteilungen zu geben hatte, Platz. Für das sonstige Publikum, das herantreten wollte, blieb dann die Nordseite frei.

Die Liniatur dieser Schwalbenschwanzprojektion ist die übliche. Die obere Hyperbel *hik* (Abb. 60) entspricht dem Wendekreis des Krebses (Sommerwende), die entsprechende *efg* dem des Steinbocks (Winterwende), die Gerade *mn* bezeichnet die zusammenfallende Schattenbahn der beiden Gleichen.³⁾

Diese horizontale Form ist auch später noch beliebt gewesen. Der Astronomenkönig Alfons X. von Kastilien

1) Dessau a. a. O. 5622 *horilogium cum sedibus* im *Pagus Laebastium* (Castel Lavazzo bei Belluno).

2) Varro de re rust. I 2, 11. Dio 49, 43. Afric. Inscr. C. I. L. VIII 9065 (Dessau, *Inscr. lat. sel.* II 1, 566). Stiftung im Cirkus zu Auzia (Aumale): *perfectis metis et ovaris itemque tribunali iudicium*.

3) Über die Windnamen vgl. Rehm, *Windrosen* S. 67.

(regierte 1252—1282) hat eine ausführliche Beschreibung und Abbildung dieses Systems nach arabischen Quellen seiner Enzyklopädie einverleibt.¹⁾

Am Schlusse seiner Aufzählung erwähnt Vitruv die *Viatoria pensilia*, d. h. die Reiseuhren, die zum Aufhängen eingerichtet waren. Auch von dieser Gattung sind uns einige Exemplare erhalten, die freilich fabrikmäßig hergestellt keine genaue Arbeit zeigen und deren Einrichtung in manchen Einzelheiten noch nicht ganz aufgeklärt ist.

Da ist zunächst die Forbacher Uhr. Sie besteht aus einer bronzenen kreisförmigen Scheibe von 52 mm Durchmesser. Sie ist in einen 5 mm breiten Metallring eingelassen, der an dem Punkte *H* ein Loch hat, durch das

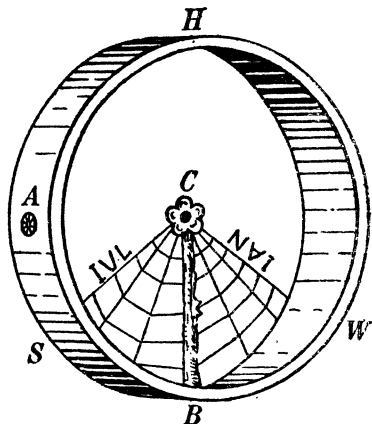


Abb. 62. Reiseuhr aus Forbach.

ein Faden zum Aufhängen gezogen ward. 90° entfernt davon befindet sich in dem Ringe bei *A* eine kegelförmige Öffnung, durch die der Sonnenstrahl einfällt, wenn die Ebene der lotrecht hängenden Scheibe in der Richtung des Strahls gedreht wird.

Nehmen wir nun an, wir befänden uns um die Mittagsstunde zur Zeit der Sommerwende (22), so fällt durch das feine Loch in *A* der Strahl auf den inneren Rand des Ringes bei *S*. Der Winkel *CAS* zeigt die Sonnenhöhe in Graden an. Da die Sonne im Krebs $23\frac{1}{4}^{\circ}$ (oder wie die Alten abrundeten 24°) nördliche Deklination hat, so ist

1) *Libro del Saber* S. 19 f. (Madr. 1866). Vgl. oben S. 175.
Diels, Antike Technik, 2. Aufl.

$CAS - 24^0 = 90 - \varphi$ (Polhöhe). Ebenso wenn sie in den Gleichen bei B $\varphi = 90 - CAB$ und um Weihnachten (\mathcal{Z}) bei W steht, ist $\varphi = 90 - (CAW + 24^0)$. Daraus berechnet sich die Polhöhe auf etwa 52^0 . Mithin ist diese Reiseuhr nicht für Forbach, sondern für die um 3^0 nördlicher liegende Gegend Hollands und Deutschlands berechnet. Im Haag, Arnheim, Bielefeld, Magdeburg würde die Uhr besser am Platze sein. Aber man nahm es im Altertum mit der Zeit und den Zeitmessern nicht so genau.

Die sieben Radien der Scheibe gelten nun der Reihe nach für den Stand der Sonne im Juli (CW) bis Januar (CS) und rückläufig wieder bis zum Sommersolstitium, indem die auf die Wenden folgenden Monate ungenau mit den Wenden selbst zusammengeworfen werden. Da die beiden Monatsnamen IAN und IVL beigeschrieben sind, lassen sich die übrigen dazwischen liegenden Monatsnamen leicht erraten. Das kleine Sonnenbildchen wandert also mittags auf dem inneren Rande in der Reihenfolge der Monate hin und her. Diese Doppelreihe der Monate findet sich denn auch von rechts nach links geordnet auf einer in Aquileja befindlichen Reiseuhr mit den beiden Initialen der Namen bezeichnet.¹⁾ Auf der Vorderseite enthielt diese Uhr die Liniatur für Rom, auf der andern für Ravenna, wie die Beischriften RO und RA lehren.

Auf beiden Uhren befinden sich nun außer den sieben Linien, welche die Monate abgrenzen, noch kreuzende, vom unteren Rande immer enger werdende Stundenlinien, so daß die Spitze C des Forbacher Exemplars die sechste Stunde, von Mittag ab gerechnet, also Sonnenauf- und -untergang, bedeutet. Auf diesem Exemplar hat sich nun noch ein bronzenes Lineal erhalten, das um den Mittel-

1) Abgeb. bei Kenner s. a. O. VI N. F. (1880) S. 80.

punkt *C* drehbar ist. Es hatte den Zweck, das Sonnenbildchen auf der $1\frac{1}{2}$ mm betragenden Seitenfläche des Lineals, nachdem dies auf den betreffenden Monat eingestellt war, aufzufangen. Man konnte dann durch die daneben auf der Scheibe angebrachte Stundenlinie des Netzes die Zeit ablesen, wenn man festhielt, daß *C* Auf- und Niedergang der Sonne, der Stand der Scheibe die Mittagsstunde anzeigte.

Wie das Forbacher hat auch das Exemplar von Aquileja auf der Rückseite der Scheibe eine zweite Liniatur und ein zweites mit dem andern fest verbundenes Lineal. Da bei der Forbacher Uhr dieselbe Polhöhe auf beiden Seiten zugrunde zu liegen scheint, ist der Zweck der Doublette noch nicht ermittelt.

Wie das Exemplar von Aquileja für die Breite von 42 und 44° eingerichtet war, so gab es kompliziertere Uhren, welche auf weiteren Reisen Verwendung finden konnten. Die Hauptstädte der verschiedenen 'Klimata' Alexandria, Rhodos, Athen, Rom, Massilia, Byzanz mußten für diese Unterschiede der Lage hauptsächlich berücksichtigt werden. Dort lebten ja auch Gelehrte, welche die Modelle solcher Sonnenuhren richtig berechnen konnten. Und wie man heutzutage Pariser und römische Zeit zu unterscheiden pflegt, so wurde in der Regel nach jenen Hauptstädten die Zeit der Provinzen reguliert. Es gab nun aber auch vielseitige Uhren, welche für alle Breiten, die nach diesem Gesichtspunkt in Betracht kommen konnten, eingestellt waren. Vitruv nennt diese Uhren *πρὸς τὰ ἰστορούμενα* (nämlich *κλίματα*). Sie waren also bestimmt für die Gegenden, die wissenschaftlich beobachtet zu werden pflegten, d. h. die astronomische Observatorien und Institute besaßen. Vitruv schreibt die Erfindung dieser Universaluhren einem gewissen Parmenio zu, den ich mit dem Erbauer des Sera-

peum in Alexandria¹⁾ und des Iasionium in Abdera²⁾ identifizieren möchte. Die Kunst des Architekten zerfiel im Altertum in drei verschiedene Fächer: 1. Baukunst im engeren Sinne, 2. Gnomonik (Uhrmacherkunst), 3. Mechanik.³⁾ Es widerspricht nicht den Vorstellungen, die man sich von der Entwicklung der Astronomie und der Mechanik zur Zeit Alexanders des Großen machen darf, daß ein jüngerer Zeitgenosse des Eudoxos, als welcher uns Parmenio gelten muß, die Idee einer solchen allseitig brauchbaren, im ganzen Reich Alexanders verwendbaren Uhr entworfen und ausgeführt habe. Ein Architekt, der in Abdera und Alexandria tätig war, konnte durch seinen Beruf geradezu verlockt werden, die Erfahrungen, die er bei der Konstruktion von Sonnenuhren unter so verschiedenen Breitengraden gemacht hatte, zu seiner Neuerung zu verwerten, zumal ja die Tempel, die er an beiden Orten baute, gewiß mit Sonnenuhren ausgestattet wurden.

Noch weiter als die Uhren *πρὸς τὰ ἰστορούμενα* scheinen die von Vitruv erwähnten *πρὸς πᾶν κλίμα* (für jedes Klima) eingerichteten Instrumente ihre Verwendbarkeit bewährt zu haben. Diese Erfindung wird Theodosios und Andrias zugeschrieben. Der erstere ist wohl derselbe, wie der von Strabo⁴⁾ hinter seinem großen Landsmanne Hipparchos genannte bithynische Mathematiker, der um 100 v. Chr. gelebt haben muß.

Von Miniaturausgaben solcher Allerweltsuhren, die überall auf die betreffende Polhöhe eingestellt die richtige Zeit weisen, haben sich zwei Exemplare erhalten aus römischer Zeit.

1) Iul. Valer. I 32.

2) Strabo XI 12 p. 531.

3) Vitr. I 3, 1: *partes ipsius architecturae sunt tres: aedificatio, gnomonice, machinatio.*

4) XII q p. 566: *Θεοδόσιος καὶ οἱ παῖδες αὐτοῦ μαθηματικοί.*

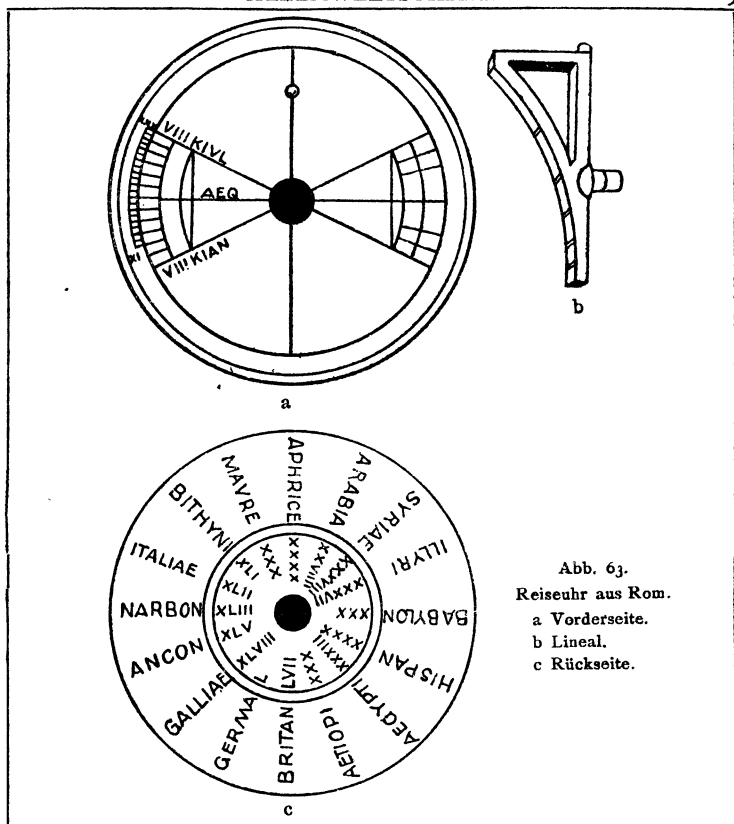


Abb. 63.
Reiseuhr aus Rom.
a Vorderseite.
b Lineal.
c Rückseite.

Das eine in Rom gefundene¹⁾ besteht aus einer kreisrunden Scheibe, auf deren Rückseite 16 Provinzen (darunter auch die Stadt Ancona, wo also wohl der Ursprung dieses Fabrikates zu suchen ist) mit ihrer geographischen Breite verzeichnet sind. Auf der andern Seite sieht man oben auf der vertikalen Mittellinie ein Knöpfchen, das den

1) Baldini, *Saggi*, Roma 1741. Genauer bei Woepcke a. a. O. S. 14. Durand et De la Noë, *Mém. de la Soc. des Antiqu. de France* t. LVII (VI^e Sér. t. VII) p. 1 ff. Pl. III.

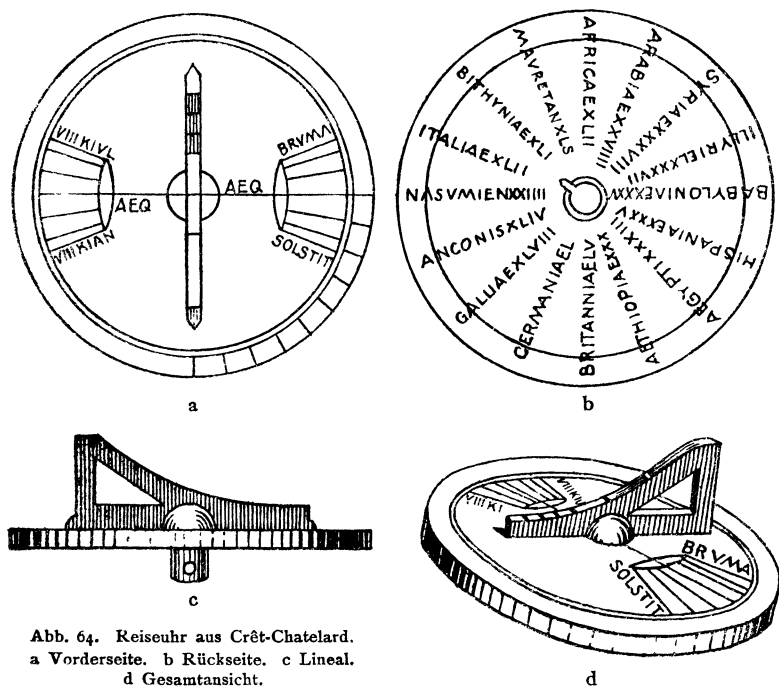


Abb. 64. Reiseuhr aus Crêt-Chatelard.
 a Vorderseite. b Rückseite. c Lineal.
 d Gesamtansicht.

Gnomon getragen haben soll. Um einen durchgehenden Zapfen in der Mitte des Rundes ist ein dreieckiges Lineal angebracht, auf dem sechs Abschnitte (Stundenmarken) in der gekrümmten Hypotenuse eingekerbt sind.

Die vom Mittelpunkt nach rechts und links ausstrahlenden drei Durchmesser stellen, wie die beigeschriebenen Kalenderdaten zeigen, in der Mitte das Äquinoktium, daneben die beiden Wenden (*ante diem VIII. Kal. Ian.* und *ante diem VIII. Kal. Iul.*) dar. Der Winkel oberhalb und unterhalb des Äquinoktiums beträgt (oder soll betragen) 24° , wie die Alten die Ekliptik $23^{\circ} 42'$ abzurunden pflegten.

Die doppelte Graduierung der linken Seite und die

ganze Funktion des Apparates scheint mir bisher noch nicht hinreichend aufgeklärt zu sein.

Auch das besser gearbeitete, aber auch nicht vollständig erhaltene Exemplar derselben Gattung, die Reisetuhr von Crêt-Chatelard (Loire), die Durand und De la Noé veröffentlicht haben¹⁾, bringt neue Rätsel, aber keine deutliche Lösung des Problems²⁾, obgleich man sieht, daß derselbe Urtypus beiden zugrunde liegt.

Zum Schlusse erwähne ich noch den berühmten Schinken von Portici (1755 gefunden), der auch unter die *Horologia pensilia* gerechnet werden darf³⁾. Dieses Bronzestück ist scherzhafterweise als Schinken geformt. Sieben Vertikallinien kreuzen sich auf der Oberfläche mit sieben Horizontalkurven. Um die Stunde zu bestimmen, hängt man den Schinken oben an dem Ringe auf und dreht ihn, bis der

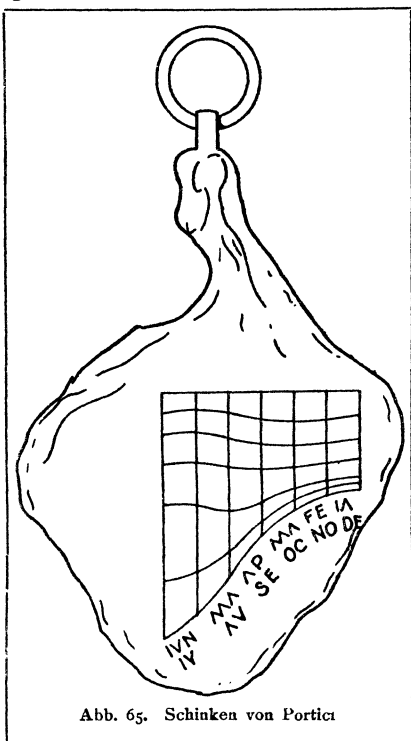


Abb. 65. Schinken von Portici

1) *Bull. et Mém. de la Soc. nat. des Antiquaires de France* VI^{me} Sér. VII (Mém. 1896), Paris 1898, S. 1—38 Pl. I. II. Danach Abb. 64.

2) Weder Woepckes gelehrter Versuch noch die Konstruktion von De la Noé noch endlich die Korrektur von Drecker in seinem S. 155³ erwähnten Programm S. 17 haben mich überzeugt.

3) *Pitture antiche d'Ercolano* t. III prefaz. Woepcke a. a. O. S. 21.

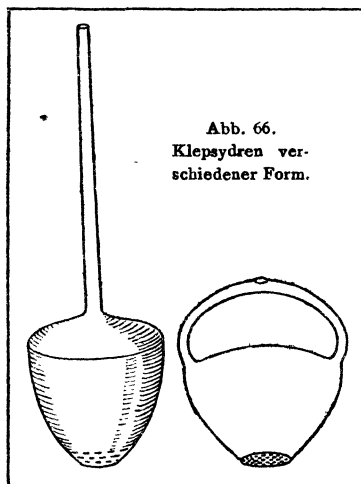


Abb. 66.
Klepsyden ver-
schiedener Form.

Sonnenstrahl den Schatten der Spitze des Gnomons, der durch den Schwanz des Tieres gebildet wurde, auf den betreffenden Monat fiel, der unten angegeben ist. An den Vertikallinien las man dann die Stunden des Vor- und Nachmittags nach der üblichen Weise ab. Selbstverständlich bot dieser Scherzartikel die Zeit nur sehr annähernd wieder, aber, wie gesagt, die Alten kannten zwar noch nicht das Sprich-

wort: *time is money*, wohl aber das andere: Eile mit Weile (*σπεῦδε βραδέως*).

Die Klepsydra, die ich bereits (S. 28. 84. 157) erwähnt habe, reicht gewiß ebenfalls in alte Zeiten hinauf. Aber man muß zwei Arten dieses Instrumentes scharf scheiden. Einmal ist die Klepsydra ein im 5. vorchr. Jahrh. bereits überall in Griechenland im öffentlichen wie im Privatleben benutztes Küchengerät, das mit einer heberartigen Einrichtung versehen war.¹⁾ Es war ein bauchiges Gefäß, das oben in einen Hals oder einen hohlen Henkel mündete und dessen Boden siebartig mit feinen Löchern durchbrochen war. Tauchte man nun ein solches Gefäß in den Brunnentrog, so trat das Wasser durch die Öffnungen des

1) Neueste Literatur: Photiadis' Zeitschr. *Athena* 16 (1904) 54; H. Schoene i. d. *Festschr. z. Phil.-Vers. Basel* (1907) 453. Sandys *Cambridge Univ. Reporter* 5 March 1912; M. Schmidt, *Kulturh. Beitr.* II 11 ff.; Wolters *Jahrb. d. bild. Kunst* 1913, 215; Jüthner, *Aus der Werkst. d. Hörsaals* (Innsbr. 1914) S. 51; Thalheim, *Κλεψύδρα* in *Pauly-Wiss. R. E. X.* Abbild.: Zahn, *Ath. Mitt.* 1899, 330; Potter, *Revue Archéol.* 1899, 8.

Bodens in das Innere ein und wenn man nun mit dem Daumen den engen Hals oder das obere Loch des hohlen Henkels zuhielt, konnte man unbemerkt das Wasser in dem Gefäße entnehmen. So erklärt sich der scherzhafte Ausdruck „Klepsydra“ (*Wasserdieb*)¹⁾. Empedokles erwähnt in einem Vergleiche das Gefäß als Spielwerk in der Hand eines Mädchens, Anaxagoras beschäftigte sich bereits mit der Theorie.

Gleichzeitig führte man nun auch eine ähnlich gebaute Wasseruhr in den Gerichtssitzungen ein, um den streitenden Parteien eine gleichmäßige, bestimmte Redezeit zu messen zu können. Aristophanes (Wespen 92. 856) erwähnt die Klepsydra bereits als unentbehrliches Instrument der Gerichtssitzungen, die Redner des 4. Jahrh. sind voll von Beziehungen darauf, und Aristoteles beschreibt sie in der Staatsverfassung genauer: 'Man schüttet das für die Reden bestimmte Wasser in die mit Ausflußröhrchen versehenen Klepsydragefäße.'²⁾ Je nach dem Wertobjekte wurde das

1) Ähnliche Namen von Instrumenten habe ich S. 157¹ behandelt. Um den Namen der Klepsydra richtig zu bewerten, darf man sich erinnern, welchen Wert der Griechen damals wie heute auf das in seiner Heimat so seltene gute Trinkwasser legte (*ἄριστον μὲν ὕδωρ*) und welche Mühe man sich schon in mykenischer wie späterer Zeit um gute Quellen und Wasserleitungen gab.

2) Ich lese R. p. Ath. 67, 2 (p. 78, 17 ak. Ausg.) *εἰς δὲ κλεψύδ[ραι] ἀν[ω]θείς* *ἐχουσαι* *ἐ[κ] κρούς, εἰς ἃς τὸ ὕδ[ω]ρ ἐγγέ[ουσι, πρὸ]ς δὲ δεῖ[λ]έγειν κατὰ* (so Wilcken, κ der Papyrus) *τὰς δίκας*. Zum Einschütten der gewaltigen Wassermenge mußte eine ziemlich geräumige, oben wohl mit Deckel verschließbare Öffnung vorhanden sein (so Photiadis zuerst richtig). Doch nehme ich an, daß in dieses Gefäß, das wegen des Wasserdrucks die Gestalt einer Amphore haben mußte (so M. Schmidt), oben ein Sieb eingeschaltet war, um Unreinigkeiten abzuhalten. Die Definition des Aristoteles, der den 'röhrenförmigen Ausfluß' hervorhebt, versteht sich am besten, wenn man den Unterschied der Gerichtsklepsydra von der Hausklepsydra bedenkt. Diese mit ihrem Siebboden war für den regelmäßigen Abfluß einer kleinen Wassermenge ungeeignet, eine feine, seitlich am Boden angebrachte Röhre war hier das richtige. Denn wenn man etwa in der

Wasser den beiden streitenden Parteien und dem Richterkollegium (in diese drei Teile zerfiel der zur Verhandlung bestimmte Zeitraum) zugemessen. So erhielt z. B. ein Prozeß über 5000 Drachmen 10 Kannen (zu 3,24 Liter), Bagatellsachen weniger. Bei wichtigen Staatsprozessen wurde natürlich mehr Wasser bewilligt. Wie man bei uns noch bisweilen in alten Dorfkirchen eine Sanduhr auf der Kanzel aufgestellt findet, deren herabrinnender Sand dem Prediger das übliche Maß anzeigt, so standen in den Gerichtshöfen der Hellenen, später auch der Römer solche eherne oder tönernen Gefäße, deren Auslaufen das für die einzelnen Reden bestimmte Zeitmaß angab. Neben der Uhr stand der Wasserwart (*ὁ ἐφ' ὕδατος*), der den fließenden Strom zu unterbrechen und wieder anzulassen hatte, indem er die Öffnung mit dem Daumen zuhielt oder bei längerer Unterbrechung einen nagelförmigen Stift in die feine Abflußröhre steckte.¹⁾ Wenn z. B. der Ankläger in seiner Rede Urkunden oder Zeugenaussagen verlesen ließ, so war es ihm gestattet, währenddessen die Uhr zu stoppen. Er rief dem Sklaven an der Klepsydra zu: „Halte das Wasser an“ (*ἐπίλαβε τὸ ὕδατος*). Wenn dann der Gerichtssekretär mit der Verlesung der Akten fertig war, ließ der Diener das Wasser wieder laufen. War die Rede (oder die Reden) der einen Partei beendet und vielleicht die Uhr noch nicht ganz ausgelaufen, so schüttete jener das Wasser heraus und füllte für die Gegenpartei und schließlich für die Beratung des Gerichtshofes das gleiche Quantum wieder ein.

Auch in Volksversammlungen, über deren unpünktlichen Besuch sich schon die braven Bürger des Aristophanes entrüsteten, wußte man die Klepsydrauhr zu be-

Mitte des Gefäßes unten nur ein Loch gebohrt hätte, wäre die Bedienung für den Wasserwart recht unbequem und die Kontrolle schwierig gewesen.

1) Pollux X 61 *ἡλίκος ἐπικρούειν τὴν κλεψύδραν*

nutzen. In der karischen Hafenstadt Iasos wird, wie eine Inschrift lehrt, angeordnet, daß in der Ekklesia 7 Fuß hoch über dem Boden, so daß alle die Uhr sehen können, eine Klepsydra aufgestellt werden soll, die mit einem Eimer (*μετρητής* = 12 *χόες*, also etwa 39 Liter) Wasser gefüllt werden und durch ein bohnengroßes Loch ihren Abfluß haben soll. Mit Sonnenaufgang, dem üblichen Beginn der Versammlung, soll das Wasser losgelassen werden, und man darf annehmen, daß, wer bei Ablauf des Uhrwerks nicht erschienen war, keinen Anspruch auf die üblichen Tagegelder hatte.

Militärisch ward im vierten Jahrh. vor Chr. die Klepsydra zur Ablösung der Wachen benutzt. Die Nacht zerfiel in vier Vigilien zu je drei Stunden. Nun wurden aber, wie wir sahen (S. 162), die antiken Stunden nach den Jahreszeiten verschieden bemessen. In der attischen Gerichtspraxis hatte man sich dadurch geholfen, daß man das Maximum des Wassers nach dem kürzesten Tage bemaß. So kam man für die übrigen bequem aus. Aber diese starre Einrichtung ließ sich natürlich nicht auf die mit den Jahreszeiten wechselnden Vigilien übertragen. So paßte man recht und schlecht die Kontrollgefäße der wechselnden Dauer der Nachtstunden dadurch an, daß man die Innenfläche der Klepsydrén mit mehr oder weniger Wachs auskleidete.¹⁾

1) Aeneas Tact. 22, 24 S. 55, 977 Schoene. Ich lese die etwas verdorbene Stelle folgendermaßen: *ὅν δ' ἂν τρόπον ἴσως καὶ κοινῶς μακροτέρων ἢ βραχυτέρων νυκτῶν γιγνομένων καὶ πᾶσιν αἱ φυλακαὶ γίγνονται, πρὸς κλεψύδραν χρὴ φυλάσσειν· ταύτην δὲ συμ<μετα>βάλλειν διὰ δεχημερίδος, μᾶλλον δὲ καὶ <ἥττον> κηροῦσθαι τὰ ἔσωθεν, καὶ μακροτέρων μὲν γιγνομένων ἀφαιρεῖσθαι τοῦ κηροῦ, ἵνα πλέον ἦδωρ χωρῇ, βραχυτέρων δὲ προσπλάσσεισθαι, ἵνα ἔλασσον δέχεται;* d. h. *diese* (die Klepsydra) muß sich im Zeitraume einer Periode von 10 Tagen (*δεχημερίς* neben *δεχήμερος* analog gebildet wie *ἐφημερίς* zu *ἐφήμερος*; ähnlicher Bildung ist *ὀκταετηρίς*, *ἐννεακαιδεκαετηρίς*; *διὰ δέχ' ἡμερῶν* statt *διαδοχῇ μερί-*

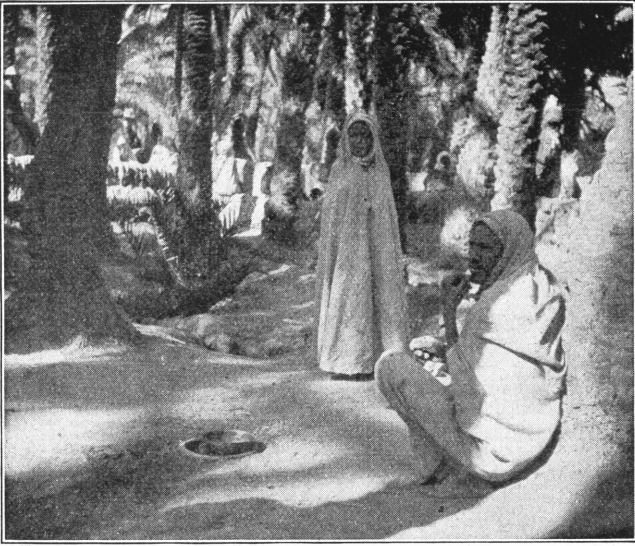
Noch roher als diese Soldatenuhr war die Klepsydra, die im Altertum zur Stundenverteilung des Rieselwassers in den Oasen Nordafrikas benutzt wurde und die sich dank der wenig veränderten Kulturverhältnisse dieser Gegenden bis auf den heutigen Tag dort erhalten hat. Der ältere Plinius¹⁾ berichtet uns in seiner Naturgeschichte von einer im Wüstensande Nordafrikas gelegenen Stadt Tacape (heute Gabes an der kleinen Syrte), die infolge ihrer künstlichen Bewässerung eine mehr als wunderbare Fruchtbarkeit zeige. Eine Quelle speise die ganze Gegend auf mehr als drei römische Meilen weit, aber so stark sie auch ströme, könne sie doch nur durch stundenweis regulierte Bewässerung für das gesamte Ackerland ausreichen. Solche Wasserverteilung nach Stunden ist ja auch sonst im Altertum²⁾ und heutzutage³⁾ nicht unerhört. Aber in Nordafrika hat sich eine sonst wohl nirgend mehr übliche Abmessung der Stunden durch eine primitive Klepsydra erhalten, deren System gleichsam das Gegenstück zu der üblichen antiken Einrichtung darstellt. Neuere Reisende, welche die Oase Figig an der Grenze von Marokko und

δὸς der Hss. bereits Hercher) mit verändern (nämlich mit den länger oder kürzer werdenden Nächten, wovon vorher die Rede war), das Innere aber (der Klepsydra) muß mehr oder weniger mit Wachs ausgefüllt werden, wenn (die Nächte) länger werden, damit sie mehr Wasser fassen könne, dagegen zugefügt werden, wenn sie kürzer werden, damit sie weniger fasse. Zu *συμμεταβάλλειν* vgl. Plut. Luc. 39 ταῖς ὥραις μὴ συμμεταβάλλειν τὰς διαίτας.

1) N. H. 18, 188.

2) Marquardt, Röm. Privataltert. II (1867) 373 n. 3344.

3) Vgl. Gmür, *Schweiz. Bauernmarken und Holzurkunden*, Bern 1917 (77. Heft von Gmürs *Abh. z. schweiz. Recht*); Rauchenstein, *Die Bewässerungskanäle im Kanton Wallis, Z. f. schweiz. Statistik* 1908, 53. In diesem Kanton wird die Verteilung des in den Kanälen ('Wasserfuhren', franz. *bisses*) aus den Gletschern hergeleiteten Wassers für die Talbewohner nach 'Tesseln' (Holzmarken = lat. *tesserae*) von den Korporationsvögten stundenweise vorgenommen.



Wasseruhr der Oase Figig.



Graduiertes Meßgefäß.

Südalgerien besucht haben¹⁾, geben folgenden Bericht (s. Taf. xvi):

„Dann tritt man aus der beängstigenden Enge des 'Ksar' hinaus in den lichten Schatten der Palmenhaine, an deren Rande üppige Gerstenfelder grünen. Die Bewässerung wird sorgfältig geregelt. Ein Wächter mißt an einer eigenartigen Wasseruhr die Zeit: ein eisernes Gefäß schwimmt auf dem Wasser; es hat im Boden ein kleines Loch, durch das das Wasser langsam hereindringt, bis sein Stand eine Marke erreicht, die an der Innenwand des Gefäßes angebracht ist. Dann verkündet der Wächter mit lautschallender Stimme, daß eine Wasserstunde vorbei sei.“ Ein anderer Teilnehmer jener Exkursion, Professor Dr. L. Rüttimeyer in Basel, bestätigte mir diesen Bericht und gibt folgende kleine Skizze der „Klepsydra“. Er fügt zu:



Abb. 67.

„Sobald das langsam von unten in die Schale eindringende und diese füllende Wasser eine bestimmte Marke, die für die verschiedenen Grundstücke wechselt, erreicht hat, wird dies abgelesen, worauf der Wächter dies laut ausruft. Die Bewässerung dieses Grundstücks wird dann sofort abgebrochen. Dann wird die Schale entleert und für ein neues Grundstück in die Quelle gesetzt. Es ist genau das Prinzip der Wasseruhr im Wallis.“²⁾

Alle bisher besprochenen Systeme der Klepsydra die-

1) M. Rikli und C. Schröter, *Vom Mittelmeer zum Nordrand der Sahara* in d. *Vierteljahrsschr. der naturf. Ges. in Zürich* 57 (1912), 128, Bild 10. Die auf Taf. XVI wiedergegebene Photographie verdanke ich hiesigen Teilnehmern jener Exkursion, die mir auch mündlich Näheres berichtet haben.

2) Eine im Wasser untersinkende Kupferschale als Zeitmesser zu benutzen, verstanden auch die arabischen Techniker (Kahn timer bei Wiedemann-Hauser, *Isl. Uhren* S. 165) wie die indischen Astronomen, vermutlich nach griechischem Vorbilde (Bergholz a. a. O. S 25).

nen dem praktischen Leben und sind aus empirischer Praxis hervorgegangen. Eine ganz andere Entwicklung nimmt diese Technik, sobald sich die Wissenschaft theoretisch und praktisch der Sache bemächtigt. Die hellenische Wissenschaft ist geboren aus dem Begriff des Wissens, den Sokrates als Forderung aufgestellt und der Genius Platons in seinem System und in seiner Schule zu verwirklichen suchte. Die von diesem Philosophen etwa um 378 gegründete Akademie ist die Pflanzstätte des wissenschaftlichen Lebens, das in Athen und seit Alexander in den großen Zentren des Orients sich entwickelt und das fast tausend Jahre sein Reich, das freilich nicht von dieser Welt war, behauptet hat.

Wie nun die Zeitmessung, die der Anfang aller Wissenschaft ist, in der Akademie ihr eigentümliches Instrument, den Gnomon, als Tagesuhr, aller Wahrscheinlichkeit nach schon zu Platons Lebzeiten in dem Garten des Akademos erhalten hat (sonst würde der Astronom Eudoxos¹⁾ gewiß nicht längere Zeit dort verweilt haben), so sorgte Platon auch für eine Nachtuhr.²⁾ Ein Musikschriftsteller, namens Aristokles, der am Ausgang des 2. vorchr. Jahrh. lebte, berichtet über die Erfindung der Wasserorgel durch Ktesibios³⁾ und bemerkt dazu: „Aristoxenos kennt diese Erfindung noch nicht, doch hat Platon, wie es heißt, eine kleine Anregung zu seiner Herstellung durch die Erfindung

1) S. oben S. 35¹. 160f. 168. 172.

2) Die von mir gefundene Konstruktion der Platonischen Nachtuhr habe ich *Berl. Sitz.-Ber.* 1915, 824 ff. beschrieben.

3) Athen. IV 174 cff., wo der ältere Ktesibios, der Erfinder der Wasserorgel und vieler anderer pneumatischer Apparate, der unter Ptolemaios Philadelphos lebte, mit dem jüngeren, dem „Bader“ Ktesibios (Κουρσεός), den er unter Ptolemaios Physkon (145—116) setzt, verwechselt wird. Über die Orgel verweise ich auf H. Degering, *Die Orgel* (Münster 1905); Tittel, *Hydraulik* in Pauly-Wiss. R.-E. IX 60 ff.

einer Nachtuhr (*νυκτερινὸν ὥρολόγιον*) gegeben, die er als eine sehr große Klepsydra, dem Orgelwerk ähnlich, konstruierte. Denn auch das Orgelwerk selbst ist eigentlich eine Klepsydra.“ Aus der Erwähnung des Aristoxenos darf man schließen, daß die Notiz über Platons Erfindung auf diesen Schüler des Aristoteles zurückgeht, der auch sonst über die Schule Platons wichtige Mitteilungen bringt, die er dem Munde des Aristoteles zu verdanken hat. Sie ist also durchaus glaubwürdig.

Aus der Vergleichung mit der antiken Wasserorgel, welche die Pfeifen durch die im Windkasten vermittels Wasserdruck komprimierte Luft zum Tönen bringt, war das mechanische Prinzip an die Hand gegeben. So genügte ein kleines, mit den üblichen Gläsern eines chemischen Laboratoriums hergestelltes Modell (Abb. 68), das Prinzip der Nachtuhr klarzustellen. Man denke sich eine geräumige Klepsydra (*κλεψύδρα μεγάλη* nach dem Bericht) aufgestellt, deren Wasser etwa für sechs Stunden berechnet war. Durch die feine Abflußröhre tritt es Tropfen für Tropfen in das obere Gefäß, in dem ein sogenannter Kapselheber (d. h. eine von einer weiteren runden, oben geschlossenen Röhre umgebene engere Röhre) angebracht ist. Die weitere Röhre gestattet dem in dieses Gefäß aus der Klepsydra einträufelnden Wasser von unten den Zutritt. Es steigt in dem Gefäße, ebenso aber auch in dem Zwischenraum zwischen der weiteren und engeren Röhre des Kapselhebers höher und höher, bis der obere Rand der engen, eingeschlossenen Röhre erreicht wird. Durch diese stürzt sich dann sofort von allen Seiten

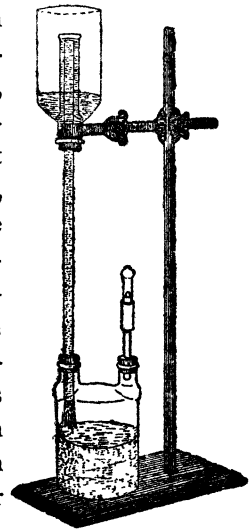


Abb. 68. Prinzip
der Platonischen
Nachtuhr.

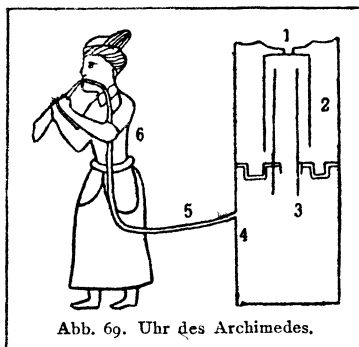


Abb. 69. Uhr des Archimedes.

das Wasser nach unten, und zwar in zusammenhängendem Strom, der durch die enge Röhre in das hermetisch abgeschlossene, unterste Gefäß eindringt und die dort befindliche Luft verdichtet. Diese findet vor der plötzlich mit gewaltigem Druck herabstürzenden Wassermasse keinen anderen Ausweg als

durch die seitlich angebrachte Röhre, die eine am Ende angebrachte Pfeife zum Tönen bringt.

Nachdem ich mir diese Idee der Platonischen Weckeruhr gebildet, fand ich eine willkommene Bestätigung in einer durch arabische Vermittelung überlieferten Konstruktion des Archimedes, die durch Abbildung und Beschreibung die Sache völlig klarstellt.¹⁾

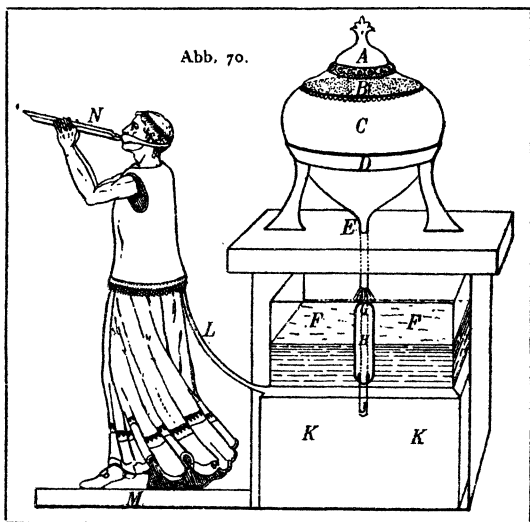
So ergab sich denn für die Nachtuhr des Platon, die den Zweck hatte, die Genossen und Schüler der Akademie zu den Vorlesungen und Übungen des Meisters in frühester Morgenstunde herbeizurufen²⁾, folgendes Bild:

Die geräumige Klepsydra C faßt das für sechs Stunden zureichende Wasser. Sie ist bedeckt mit dem Deckel

1) Eilh. Wiedemann, *Beiträge z. Gesch. d. Naturwiss.* 36 (Phys.-med. Soz. in Erl., Sitzungsber. 46, 1914) S. 18 ff. und (mit Dr. phil. techn. F. Hauser) *Uhr des Archimedes, Nova Acta der K. Leop. Car. d. Akad. d. Naturf.* CIII 2 S. 194 (Halle 1918). Es ist klar, daß diese Uhr des 'Archimedes' auf Platons Original zurückgeht. Denn der arab. Text spricht von einer 'byzantinischen' Flöte (şaffāra) S. 195 und die so erschlossene griechische Originalschrift geht zwar nicht auf Archimedes, aber doch auf einen hellenistischen Techniker Apollonios zurück, den ich mit dem in den Poliorketikern erwähnten alexandrinischen Ingenieur identifiziert habe. *Berl. Sitz.-Ber.* 1915, 827².

2) Vgl. Plato Legg. VII 808 D. Anl. d. Protagoras.

A, enthält in ihrem oberen Teile einen mit Sieb versehenen Einsatz *B*, um die erdigen Bestandteile zurückzuhalten, und ruht auf dem Dreifuß *D*, der auf einem Postamente steht. Die Ausflußröhre *E* geht durch die Platte des Postamentes durch in den unteren Raum, der verschlossen werden kann, hier aber geöffnet gezeichnet ist, um die beiden aufeinanderstehenden Wasserkästen *F* und *K* zu zeigen. Das aus der Klepsydra hinabträufelnde Wasser sammelt sich auf dem Boden des oberen Gefäßes allmählich an und steigt hier, ebenso aber auch gleichzeitig in dem schmalen Zwischenraume zwischen der äußeren und inneren Röhre des Kapselhebers empork. Die Wassermasse ist so bemessen, daß, wenn das Wasser die Höhe der inneren Röhre *GHI* bei *G* erreicht hat, es über den Rand der oben offenen Röhre *GHI* übertritt und nun in zusammenhängendem Schwalle sich mit Gewalt bei *I* in den unteren Ventilkasten stürzt. Die komprimierte Luft findet keinen anderen Ausweg als oben links durch die Röhre *L*, die durch den Körper des Flötenspielers *M*¹⁾ zur Flöte *N* empor-



1) Nach einem Vasenbilde in *Mon. d. Instit.* V 10 = Baumeister, *Denkm.* I 553, Abb. 590.

Diels, *Antike Technik*, 2. Aufl.

führt, wo die innen angebrachte Pfeife durch den mit Gewalt austretenden Luftstrom zum Tönen gebracht wird.

Als ich der Berliner Akademie 1915 den Miniaturapparat, Abb. 68, vorführte und eine Flasche Wasser eingoß, war diese Quantität doch genügend, die kleine Signalpfeife zum vernehmlichen, sekundenlang andauernden Tönen zu bringen. Da hervorgehoben wird, daß Platon eine große Klepsydra anwandte, muß der Druck des zur bestimmten Morgenstunde hinabstürzenden Wassers gewiß so stark gewesen sein, daß der Pfiff die im Garten der Akademie in zerstreuten Häuschen wohnenden¹⁾ Schüler erwecken konnte, wie später der Ton der Orgelpfeifen, der ja ähnlich zustande kommt, die Riesenräume des Zirkus füllte.

Dieser Apparat stellt nicht nur die erste bekannte Weckuhr dar, sie wendet auch zuerst, soviel wir wissen, in der Hydraulik das Prinzip des Relais an, das Leonardo da Vinci um 1500, der von der Nachtuhr Platos keine Ahnung hatte, zu seinem Weckapparate benutzte.²⁾ Relais oder Krafteinschalter nennt man die Vorrichtung, die durch eine geringe Kraft eine Auslösung einer vielfach größeren auslöst. So hatte Leonardo Wasser in eine Schale tröpfeln lassen, die hebel förmig mit einer anderen Schale von Wasser in Verbindung stand. War nun das bestimmte Quantum in der Weckzeit abgelaufen, so senkte sich die erste Schale, die zweite hob sich und ergoß ihr Wasser gleichfalls in die erste, und dieser starke Druck sollte genügen, um die Füße eines im Bette schlafenden Menschen zu heben und ihn dadurch zum Aufstehen zu nötigen.

Platons Akademie hat die Organisation der Wissen-

1) Vita Aristot. Marc. bei Rose, *Fragm. Arist.* (L. 1886) S. 428, 1. Diog. L. IV 19. Philod. Index acad. 14, 35.

2) S. Feldhaus, *Leonardo* (1913) S. 97; *Technik* (Lpz. 1914) S. 866; *Geschichtsbl. f. Technik* II (1915). Dazu Horwitz ebenda III 368.

schaft in der Folgezeit durch das ganze Altertum, ja bis in die neueste Zeit bestimmt. Der Same echten wissenschaftlichen Geistes, wie er hier gesät wurde, ging dann in dem Peripatos des Aristoteles nach allen Richtungen hin gedeihlich auf. Und aus dieser Schule ward durch die Peripatetiker Demetrios von Phaleron, den gelehrten Staatsmann, und Straton¹⁾, der den Ehrenbeinamen „der Physiker“ führt, der akademische Betrieb nach dem neugegründeten Alexandria verpflanzt, wo im dritten vorchr. Jahrh. die Geisteswissenschaft wie die Naturwissenschaft, unterstützt durch die außerordentliche Freigebigkeit der ersten Ptolemäer, in gewissem Sinne ihren Höhepunkt erreicht. Was der Ingenieur Philon, der diese Zeit noch erlebt hat, sagt²⁾, daß der Geschützbau erst damals auf ein wissenschaftliches Fundament gestellt worden sei, weil Ruhm und Kunst liebende Könige die Ingenieure mit reichen Mitteln zu Versuchen ausgestattet hätten, das gilt von dem gesamten Betriebe der Technik und Wissenschaft in Alexandria. Wir können noch nachweisen, wie das dem Realismus dieser Zeit entsprechende, auf das Experiment gegründete physikalische System des Straton zunächst auf den König der antiken Ingenieure, Ktesibios³⁾ von Alexandria, eingewirkt hat, dessen Luftdruckexperimente und pneumatische Apparate, vor allem die Konstruktion der Wasserorgel und der Feuerspritze⁴⁾, die in der Folgezeit auch eine weite

1) Über den Zusammenhang Stratons mit der alex. Technik vgl. Diels, *Über das phys. System des Straton*, Berl. Sitz.-Ber. 1893, 101 ff.

2) Mech. Synt. IV 3 p. 50, 37 (Belopoiika gr. u. deutsch von H. Diels u. E. Schramm, *Abhandl. d. Berl. Ak.* 1918, phil.-h. Kl. n. 16 S. 9).

3) Nicht zu verwechseln mit Ktesibios Kureus, der am Ende des 2. Jahrh. v. Chr. lebte. S. oben S. 198³⁾.

4) Philo a. a. O. c. 61 (p. 77, 46. S. 66 D.-Schr.); *de ingeniiis spiritalibus* (arab.-lat. Übers. der Pneumatik Philons) in Heron ed. Schmidt I 458 ff., Heron selbst Pneumat. I Vorr. (I 5 ff. Schm.). Vitruv vielerorts Vgl. Diels, *Über die von Prokop beschrieb. Kunstuhr*, *Abh. d. Berl.*

praktische Bedeutung erlangen sollten, in der späteren technischen Literatur bei Philon, Vitruv und Heron im Vordergrund stehen und wohl in Einzelheiten, aber nicht in der Hauptsache und in der wissenschaftlichen Theorie berichtigt worden sind. Ktesibios, der peripatetisch geschulte Physiker, steht als überragendes Haupt ebenso über der gesamten technischen Tätigkeit und Literatur der alexandrinisch-römischen Zeit wie der peripatetisch beeinflusste Kallimachos die literargeschichtliche Forschung der Folgezeit bis an das Ende des Altertums beherrscht hat.

Auch für die Gnomonik ist die geniale und vielseitige Ingenieurkunst des Ktesibios bis in die byzantinische Zeit hinein maßgebend geblieben. Er hat den Typus der antiken Wasseruhr festgestellt; von dem Prinzip der Klepsydra ausgehend hat er durch wissenschaftliche Ausbildung der Konstruktion ein Uhrwerk von größerer Genauigkeit geschaffen, das auch zu astronomischen Beobachtungen gebraucht werden konnte. Vitruv (IX 8, 4 ff.) hat uns eine aus den Schriften des Ktesibios (oder seiner Ausschreiber) geschöpfte, aber z. T. unklare, ja teilweise offenbar mißverständene Beschreibung seiner Uhrwerke hinterlassen, nach der man versuchen kann, das Kunstwerk des alexandrinischen Gnomonikers zu rekonstruieren.

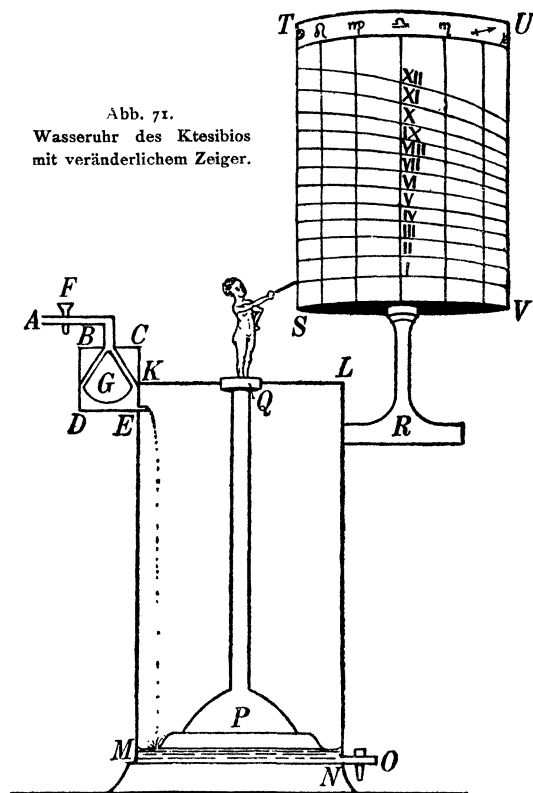
Die große Schwierigkeit für die antike Uhr besteht in der Rücksicht, die sie auf die ungleichmäßige Dauer der Stunden nehmen muß. Wie die moderne Sonnenuhr es darin leichter hat als die antike, so erfordert auch die Wasseruhr, wie wir schon bei der rohen Signaluhr des

Ak. 1917, phil.-hist. Kl. n. 7 S. 3. Wie sehr die technische Arbeit des Ktesibios von philosophischer Theorie durchtränkt war, lehrt Vitruv I 1, 7 *qui Ctesibii aut Archimedis et ceterorum qui eiusdem generis praecepta conscripserunt leget, sentire non poterit, nisi his rebus a philosophis erit institutus.*

Aineias sahen, eine Anpassung an den Wechsel der Jahreszeiten. Da bei den Wasseruhren ein stetiger Zufluß des Wassers aus Leitungen vorausgesetzt wird, so kann jene Anpassung entweder bei dem Wasserzufluß oder bei dem durch das Wasser in Bewegung gesetzten Uhrzeiger vorgenommen werden. Wir betrachten daher dies letztere System zuerst. Für beide Arten des Uhrwerks ist Voraussetzung, daß der Wasserdruck während des Auslaufes sich nicht vermindert, daß also die einmal als Norm zugrunde gelegte Menge des ausfließenden feinen Wasserstromes konstant bleibt. Man hätte dies auf einfache Weise dadurch herbeiführen können, daß man ein Sammelbecken voll laufen und den Überschuß oben ablaufen ließ, so daß dieses Becken stets gefüllt blieb und ein gleichmäßiger Wasserdruck gewährleistet blieb. Allein in den wasserarmen Gegenden des Südens, und zumal in Alexandria, wäre eine solche Wasserverschwendung unmöglich gewesen. So mußte man auf andere Weise helfen. Ich habe nach den allerdings unklaren Andeutungen des Vitruv (IX 8, 6) in meiner Rekonstruktion der Uhr mit veränderlichem Zeiger eine Reguliervorrichtung mit Keilverschluß angebracht, der die Stetigkeit des Wasserdrucks ohne allzu große Wasservergeudung ermöglicht.¹⁾ (Abb. 71 S. 206.)

1) Ich benutze dabei mit Dank die von Max C. P. Schmidt in den *Kulturh. Beitr.* II (L. 1912) S. 47. 105, Fig. 24, gegebene Anregung, der in der Hauptsache gewiß das Richtige getroffen hat. Dagegen ist zu warnen vor der äußerlich glänzenden, aber innerlich völlig verfehlten Wiederherstellung des Hofuhrmachers Speckart in Nürnberg, die im Deutschen Museum zu München aufgestellt ist. Vgl. dessen *Gesch. der Zeitmeßkunst* (Bautzen 1903) 160, die erklärt, wie der geschickte Meister den Phantasien französischer Vorgänger zum Opfer gefallen ist. S. Feldhaus, *Geschichtsbl. f. Technik* II (1915) 23, wo auch eine Abbildung des Nürnberger Modells gegeben ist. Die Einrichtung der Regulierung in dem Einlaufkasten *BCDE*, die sich sehr verschieden treffen läßt, hab' ich nach dem Prinzip des nach 'Archimedes' (s. später!) konstruierten, von den Arabern *Ruß* genannten

Abb. 71.
Wasseruhr des Ktesibios
mit veränderlichem Zeiger.



Apparates vorgenommen, da sie jedenfalls antik, ferner die einfachste ist und den Andeutungen des Vitruv am nächsten kommt. Die von den Arabern Riḍwān und Gazārī erweiterte und verbesserte Gestalt des *Ruḥ* ist genau beschrieben bei Wiedemann und Hauser, *Über die Uhren im Ber. der isl. Kultur* (*Nova Acta der Kais. Leop. d. Ak. d. Naturf.* C n. 5 S. 21. 60 ff.) und *Uhr des Archimedes* (*N. Act.* CIII n. 2, 166 ff., Abb. S. 167). Eine andere Methode der Regulierung durch einen Heber, dessen kürzerer Schenkel durch einen Schwimmer geführt wird, welcher auf dem Wasser des Regulierbeckens schwimmt, beschreibt Heron *Pneum.* I 4 (I 45 Schmidt; daselbst moderne Abbildung; antike Abbildung s. Einleitung S. XXIX, Frg. 5^a und 5^b).

Das Wasser ergießt sich aus der durch den Hahn F abzuschließenden Leitung A in das Regulierbecken $BCDE$ und tritt bei E durch eine feine Röhre in das Sammelbecken $KLMN$ ein. Ist der Druck in der Leitung stark, so wird das Wasser in dem kleinen Becken nicht normal durch die Öffnung bei E abgeführt, sondern staut sich und hebt den keilförmig nach oben zugespitzten Schwimmer G in die Höhe, so daß der Zufluß von oben abgeschnitten ist. Ist dann das Wasser unten abgeflossen, senkt sich der Spiegel wieder, der Schwimmer fällt und erweitert die obere Einlauföffnung, so daß wieder die normale Höhe erreicht wird.

Man darf annehmen, daß auch irgendwo eine Vorrichtung zum Reinigen des Wassers angebracht gewesen ist. Darüber fehlt jede Andeutung, aber daß ein Ingenieur wie Ktesibios auch daran dachte, beweist seine Vorsicht, die feine Ausflußröhre (bei E) aus Gold oder Edelstein herzustellen (Vitr. IX 8, 4).

So spritzt in feinem Strahle das Wasser in das Hauptbecken $KLMO$. Dort hebt es den Schwimmer P , auf dem oben ein Figürchen (*sigillum*) angebracht ist, das mit einer Rute (*virga*) die zwölf Stunden anzeigt. Sie sind in Horizontalkurven auf dem drehbaren Zylinder $STUV$ angebracht. Die horizontale Mittellinie, die sie schneidet (von dem Zeichen der Wage ⚖ abwärts), gibt die Zeitmarken der Stunden zur Zeit der Gleichen an. Es war leicht an einer Sonnenuhr die richtigen Stundenpunkte auf dieser Linie einzutragen und ebenso die kürzeren Winterstunden auf der Linie UV zur Zeit des Steinbocks (♈) und die langen Sommerstunden auf der Linie TS zur Zeit des Sommersolstitiums (Zeichen des Krebses ♋). Werden nun diese festen Punkte zwischen den vier Vertikallinien in jeder der zwölf Stunden miteinander durch entsprechende

Kurven verbunden, so entstehen auf dem Zylinder zwölf Kreise, die sich von dem Winter- zum Sommerpunkte gleichmäßig erheben und auf der anderen Seite ebenso wieder abfallen.

Auf dem Zylinder kann bei der Größe, die er in Wirklichkeit haben muß, leicht jeder Monat (mit dem entsprechenden Zeichen des Zodiakus) und jeder Monat wieder in 30 Teile geteilt durch Vertikallinien dargestellt werden. Oder man bringt eine Einteilung von 365 Tagen auf dem oberen Rande an, von wo ein herabfallendes Lot den Tag genau auf den Zeiger des Figürchens einzustellen gestattete.

Diese Wasseruhr ist zunächst nur für den Tagesdienst eingerichtet, der Stundenplan kann aber ohne große Mühe auch auf 24 Stunden (*νυχθημερον*) erweitert werden, wie die französischen Rekonstruktionen und danach das Münchener Modell es vorsehen. Noch einfacher war es für den Wächter, der ja doch die Wasserregulierung beaufsichtigen und nach Ablauf des Tagesganges das Wasser bei *N* ablassen mußte¹⁾, den Zylinder um die halbe Achse zu wenden, so daß die Winterstunden des Tages die Kurzstunden der Sommernacht bezeichneten und entsprechend die beiden Jahreshälften sich ergänzten.

Nachdem das System der Regulierung des Wasserdruckes sich für die Herstellung eines gleichmäßigen Zustroms bewährt hatte, lag es für einen erfindungsreichen Techniker wie Ktesibios nahe, diese Regulierung der Stromstärke zur Ausgleichung der Verschiedenheit der veränderlichen Stunden zu benutzen. Ein solcher „Regulator“,

1) Ein solcher Uhrwächter wird erwähnt bei der Stiftung einer antiken Uhr (mit Figuren) Dessau, *Inscr. lat. sel.* II 1, 5624 (Annecy, Savoyen) *horologium cum suo aedificio et signis omnibus et clatris* (umgebendes Gitter) *C. Blaesius C. fil. Voltinia Gratus ex HS n. X et eo amplius ad id horologium administrandum seruum HS n. IIII d. s. p. d.*

der also schon in dem Zuflußbecken und nicht erst am Zeiger je nach der Jahreszeit die Veränderung des Wasserdruckes und damit die Veränderung der Tag- oder Nachtstunden bewirkte, wird bei Vitruv (IX 8, 11 ff.) beschrieben. Er sah ungefähr so aus:

In dem Regulierbecken $ABEF$ (Abb. 72) ist in die Vorderseite (Abb. 73) eine drehbare Metallscheibe C waserdicht eingesetzt, so daß sie sich in

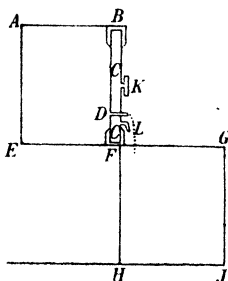


Abb. 72. Regulierbecken
(Seitenansicht).

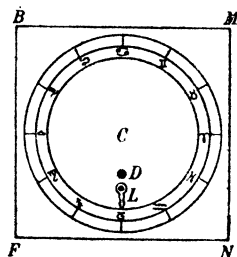


Abb. 73. Regulierbecken
(Vorderseite).

den Nuten der hinteren Wand $BFMN$ (Abb. 72. 73) mittels des Griffes K drehen läßt. Der feststehende Kreis dieser Wand ist mit den Bildern des Tierkreises versehen, und zwar so, daß der Steinbock (Wintersonnenwende) unten steht (auf ihn deutet der kleine an der drehbaren Scheibe C befindliche Zeiger L), während der Krebs (Sommerwende) die höchste Stelle einnimmt. Der äußerste Ring ist mit 365 Teilstrichen, den Tagen des Jahres entsprechend, versehen, was in der Zeichnung weggelassen ist. Steht der Zeiger nun so, fließt das Wasser des Regulierbeckens durch das kleine Loch D mit dem stärksten Wasserdruck aus. Das Hauptbecken $FGHI$ füllt sich alsbald und die kurzen Winterstunden werden mittels des Schwimmers usw. rasch durchlaufen. Dreht nun der Wärter am folgenden Tag die Scheibe C und ihren Zeiger L etwas mehr nach rechts, d. h. nach dem Wassermann hin, was er mittels einer auf dem äußeren Ring angegebenen Graduierung genau den einzelnen Tagen entsprechend bewerkstelligen konnte, so ver-

ringert sich der Druck im oberen Kasten entsprechend, und wenn der Zeiger unter dem Zeichen des Krebses (♋) steht (also im Sommersolstitium), ist das Ausflußloch *D* nach oben gerückt und der Druck am geringsten, die Stunden werden dadurch am langsamsten von dem Wasser im unteren Becken durchlaufen.

Ob dieser Regulator nun in dem Becken *ABEF* bereits reguliertes Wasser von der Leitung erhielt, oder ob darin die oben beschriebene Druckregulierung angebracht war, oder ob endlich der Wärter die Unregelmäßigkeit des Zulaufs nur durch das Augenmaß erkannte und an der Scheibe *C* durch Rechts- oder Linksdrehen abhalf, wissen wir nicht. Jedenfalls sieht man die Möglichkeit, eine möglichst vollkommene Regulierung bei genauester Präzisionsarbeit mit diesen Hilfsmitteln zu erzielen.¹⁾

Mit einem solchen Regulator konnten nun, da die Stundenanzeiger einfacher konstruiert werden konnten, gar mancherlei Uhrensysteme hergestellt werden. So erscheint z. B. bei Vitruv eine Zeigeruhr, deren Zifferblatt an unsere Regulatoren äußerlich erinnert. (S. Abb. 74.)

Mit dem Schwimmer *E* des Hauptbeckens *ABCD*, das sein nach den Jahreszeiten reguliertes Wasser aus dem oberen Becken erhält, ist eine oben gezähnte Stange *EF* verbunden, die ein gezähntes Rädchen *G* in Bewegung setzt. In jeder Stunde hebt sich die Stange um einen Zahn und bewegt das Rädchen und den fest damit verbundenen Zeiger *H* einen Grad weiter. So durchläuft der Zeiger von Sonnenaufgang (I) bis zum Abend (XII) den Kreis und kann, wenn nötig, zur Nacht neu hergerichtet werden.

Mit der Zahnstange kann nun auch noch ein weiteres

1) Die wasserdichte Einpassung der Scheibe *C*, ferner das genaue Ausprobieren der den Jahreszeiten entsprechenden Höhe des Ausflußloches *D* stellte hohe Anforderungen an den Techniker.

Zahnrad verbunden werden. Wird z. B. die linke Seite der Stange gezähnt und ein ähnliches Zahnrad so damit verbunden, daß die Stange in der Mitte der beiden Räder in die Höhe steigt, so wird die stetige Bewegung des Betriebes hierdurch vermehrt und vor allem, es lassen sich alle die kleinen Spielwerke anbringen, in deren mannigfaltiger Erfindung Ktesibios ein bewundernswürdiges Talent entfaltet haben muß.

Vitruv berichtet (IX 8, 5), er habe außer anderen *Parerga* mit seinen Wasseruhren Figuren in Bewegung und Spitzsäulen (*metac*) in Drehung versetzt, Steine (*calculi*) oder Eier zum Auswerfen und Hörner zum Blasen gebracht. Die Figuren dieser

Spieluhren sind uns aus den späteren Uhrwerken kenntlich, während die Funktion der Spitzsäulen nicht näher angegeben ist. Besonders wichtig aber sind die beiden letzten Requisiten: die Steine (oder Eier) und das Signalhorn. Wir haben nämlich eine auf griechisches Original zurückgehende arabische Beschreibung einer reich ausgestatteten Schlaguhr, die auf Archimedes zurückgeführt wird.¹⁾ Hier wird durch den Schwimmer, der durch

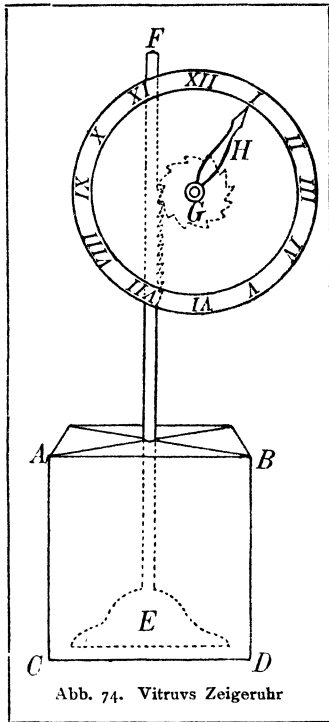


Abb. 74. Vitruvs Zeigeruhr

1) Übersetzt und durch Abbildungen vortrefflich erläutert von E. Wiedemann und P. Hauser in den *Nova Acta der K. Leop. Carol. d. Akad.* CIII n. 2 (Halle 1918) u. d. Tit.: *Uhr des Archimedes und zwei andere Vorrichtungen.*

den regulierten Wasserzulauf gehoben wird, ein Radsystem in Bewegung gesetzt, das jede Stunde eine Kugel aus dem Schnabel eines Raben heraus und in ein metallenes Schallbecken fallen läßt.¹⁾ Ferner ist ein Menschenantlitz an der Uhr angebracht, dessen Augen jede Stunde die Farbe wechseln, weiter zwei Säulen, an denen die Stunden abgelesen werden können, ein Scharfrichter, der beim Ablauf einer Stunde jedesmal einen Gefangenen enthauptet, endlich Türen, die sich stündlich öffnen und bewaffnete Reiter zeigen, die aufs Pferd springen. Mit dem Ausfluß des Wassers sind weitere Spielereien bei dieser Uhr in Verbindung gesetzt. So waren hier Sperlinge auf einem Baume zu sehen, die beim Erscheinen zweier Schlangen ängstlich zu pfeifen anfangen.

Die meisten dieser Automatenkunststücke werden auch sonst bei den Kunstuhren des Altertums erwähnt.²⁾ Daß sie aber bereits auf Ktesibios zurückgehen, zeigt nicht nur die Erwähnung der ausgeworfenen Steine (Eier), sondern auch die beiläufige Erwähnung von zwitschernden Amseln und aufspringenden Reitern unter seinen pneumatischen Kunstwerken.³⁾

1) Die Auslösung der Kugel erfolgt in ähnlicher Weise wie dies oben (S. 64 f.) bei dem Hodometer des Vitruv beschrieben ist.

2) So hatte z. B. Cassiodor durch den bekannten Gelehrten Boethius im Auftrage des Theodorich im Jahre 507 zwei Kunstuhren (eine Sonnen- und eine Wasseruhr) für den Burgunderkönig Gundibald anfertigen lassen, wie er selbst in seinem Tagebuch mitteilt. *Variarum ep.* 45, 6 ed. Mommsen (*Mon. Germ. Auct. ant.* XII 39, 27) *metalla mugiunt* (eherne Schallbecken, in welche die Kugeln fallen), *Diomedes in aere gravius bucinat*, *aëneus anguis insibilat*, *aves simulatae fritinniunt*, *et quae vocem propriam nesciunt habere, dulcedinem probantur emittere cantilenae*.

3) X 7, 4 *merularum aquae motu <effectae> voces atque anabatae* [so schreibe ich: *angabatae* G: *angubatae* H] *bidentiaque et eadem moventia* [vomentia Vollmer] *sigilla ceteraque quae delectationibus oculorum et aurium usu sensus eblandiantur*.

Cassiodor:

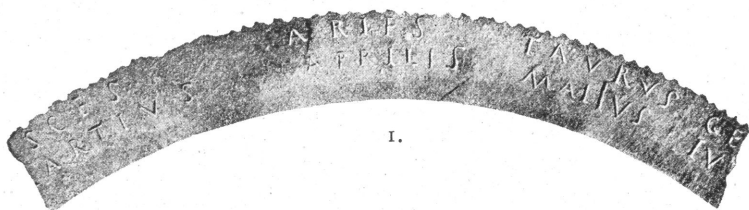
Th. Mommsen, in: Monumenta

Germaniae Historica:

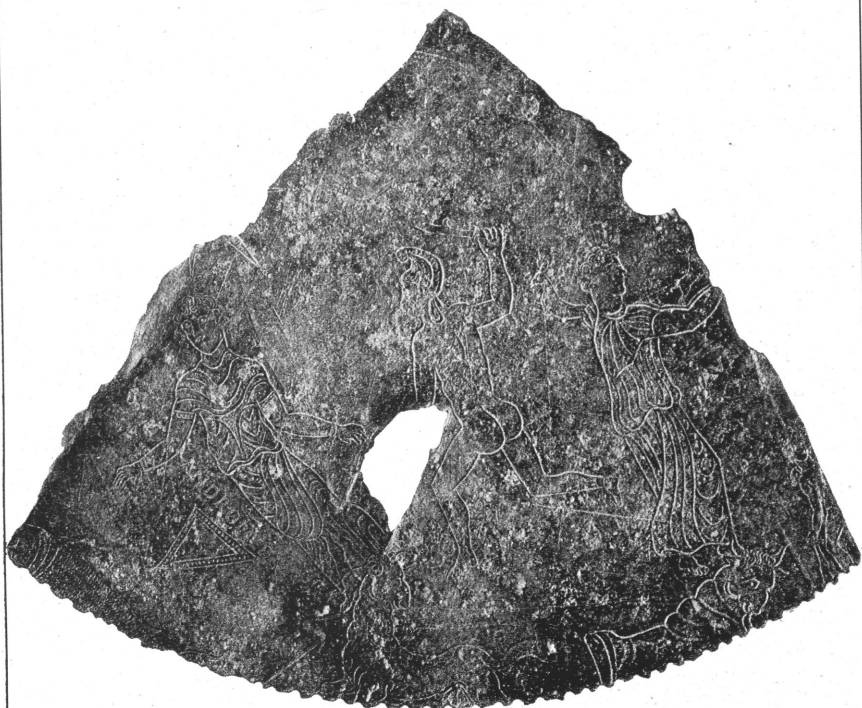
Auctores Antiquissimi, xii, 1884

(eng. Übersetzung von T. Hodgkin 1886)

XII 39, 27: Wasseruhr für
König des Burgunder!



I.



2.

Astronomische Uhr aus Salzburg
(nach den Jahresheften des öst. Instituts V, 1902).
1. Rückseite, 2. Vorderseite der Himmelsscheibe.

Die Wasseruhren, die kleine Bauwerke bilden und daher auch in dem Buche des Architekten Vitruv Beachtung gefunden haben, hatten sich seit Ktesibios in Griechenland wie in Italien rasch neben den Sonnenuhren eingebürgert. Das oben erwähnte Monument des Andronikos Kyrrhestes ist eines der hervorragenden Werke der Art. Leider haben sich von der im Innern befindlichen Wasseruhr nur die Substruktionen und die Wasserableitungen erhalten. Glücklicherweise sind uns zwei hervorragende Uhren dieser Gattung, die astronomische Uhr von Salzburg und die Heraklesuhr von Gaza soweit kenntlich, daß die Rekonstruktion dieser hervorragenden Kunstwerke versucht werden kann. Obgleich sie dem Ausgange des Altertums angehören, sind sie doch noch immer Zeugnisse der fortwirkenden guten hellenistischen Tradition und jedenfalls auf Grund eingehender alexandrinischer Fachschriften der Gnomonik gearbeitet, die bis zur Zeit der Byzantiner und der Araber sich erhielten und geschickten Arbeitern unter intelligenter Oberleitung die Herstellung solcher Uhren auch in späterer Zeit noch ermöglichten. Mit der Schilderung jener beiden Typen möge dieses gnomonische Kapitel seinen Schluß finden.

Die astronomische Uhr von Salzburg (Taf. xvii, xviii).

Am Anfang dieses Jahrhunderts fand man in der Nähe von Salzburg, dem alten Iuvavum, das Fragment einer großen Bronzeplatte, deren Rückseite vier Sternbildnamen Pisces, Aries, Taurus und Gemini und darunter die entsprechenden römischen Monate Martius, Aprilis, Maius und Iunius trägt, während die Vorderseite am unteren Rande die eingeritzten Tierkreisbilder Fische, Widder, Stier (Vorderteil, wie üblich), Zwillinge (teilweise) und darüber einen Teil des Fixsternhimmels darstellt: Dreieck, Andromeda,

Perseus mit der Harpe, der Wagenlenker (*auriga*) im langen Gewande, aus dessen linker Schulter die Ziege entspringt, während auf dem rechten Arm ein Zicklein sichtbar wird. Über dem Haupt der gefesselten Andromeda ist ein großer Stern zu sehen, zwischen dessen Strahlen je ein Stern aufleuchtet.¹⁾ Welchen Zweck nun diese große Scheibe mit dem Himmelsbilde und den rückwärtigen Inschriften gehabt haben könne, blieb zunächst bei den Philologen, Archäologen und Astronomen, die sich mit dem Funde beschäftigten, unklar, bis ein Forscher, der in seltener Weise alle drei Disziplinen in sich vereinigte, das Wort der Lösung fand.²⁾

Er erinnerte sich nämlich an die von Vitruv (IX 8, 8 ff.) gegebene Beschreibung der „Winteruhr“ (*horologium hibernum*), die auch „Aufgangsuhr“ (*h. anaphoricum*) genannt wurde³⁾, aus der sich der Zweck jener großen Scheibe ohne weiteres ergab. Vitruv erklärt die Einrichtung der Uhr folgendermaßen:

„Man bezeichnet die zwölf Stunden durch Kupferdrähte,

1) Dies letztere Bild ist bisher nicht sicher gedeutet. E. Maass, der den Fund zuerst in d. *Jahresh. d. Öst. Inst.* V 196 besprochen hat (das. schöne Abb. auf T. 5), denkt an die neunsternige Himmelskrone, was E. Weiß (ebenda VI 36) widerlegte. Ich dachte an die seltsame Art, wie die zentralen Sternbilder (hier also etwa Kassiopeia) auf den Astrolabdarstellungen Alfons X., die auf antike Bilderhss. zurückgehen, dargestellt werden. S. 175³.

2) Albert Rehm, *Jahrb. d. Öst. Inst.* VI 41 ff.

3) Der Name *anaphorica* darf nicht mit „Gehängeuhren“ nach M. Schmidt, oder mit „Aufzuguhren“ nach Bilfinger (der zuerst die Stelle richtig erklärt hat *Zeitmesser d. ant. Völker*, Festschr. D. Eberh. Ludw. G. Stuttgart 1896, S. 43) wiedergegeben werden. *Ἀναφορά* ist bei den hellenistischen Astronomen der allgemeine Ausdruck für Sternaufgang, im Gegensatz zu *ἀνατολή* (wahrer kosmischer Aufgang) und *ἐπιτολή* (heliakischer Aufgang); s. Achill. Is. 39 (74, 27, Maass); davon *ἀναφορικός* „die Sternaufgänge anzeigend“, wie schon der *Ἀναφορικός* des sog. Hypsikles (ed. Manitius Dresd. 1888 Progr. 504) lehren kann. Diese Erklärung, die für jeden mit der astronomischen und astrologischen Literatur Bekannten selbstverständlich ist, gab zuerst F. Boll.

die vom Mittelpunkt aus auf der Vorderseite der Uhr nach der Weise des Analemma¹⁾ angeordnet sind. Auf dieser Vorderseite sind ringsumgehende Kreise angebracht, welche die Zeiten der Monate abgrenzen.“ Es sind also konzentrische Kreise gezogen, welche den Wendekreis des Krebses, den Äquator und den Wendekreis des Steinbocks bezeichnen. „Hinter diesen Drähten“, heißt es weiter, „wird eine Scheibe sichtbar, auf der der Sternenhimmel mit dem Tierkreis projiziert und aufgezeichnet ist.“²⁾ Die Projektion wird aus dem Bilde der zwölf Tierkreiszeichen gebildet, dessen exzentrische Form das eine Zeichen größer, das andere kleiner gestaltet. Auf der Rückseite der Scheibe ist in ihrer Mitte eine drehbare Welle eingelassen. Auf diese Welle ist eine bewegliche Bronzekette herumgewickelt. Daran hängt auf der einen Seite ein Schwimmer (*phellos*) oder eine (hohle) Trommel (*tympanum*), die vom Wasser gehoben wird. Auf der andern Seite hängt ein mit dem Schwimmer ausbalancierter Sandsack (*sacoma saburrale*) herab. Soviel nun also der Schwimmer durch das (einströmende) Wasser gehoben wird, um soviel dreht er, während der Sandsack sich senkt, die Welle herum, und diese überträgt die Drehung auf die daran befestigte Scheibe. Die veränderliche Drehung (*versatio*) dieser Scheibe³⁾ bewirkt, daß bald ein größerer, bald ein kleinerer Tierkreis ausschnitt bei den Drehungen die den Jahreszeiten zukommenden Stunden anzeigt.⁴⁾ In den einzelnen Zeichen sind

1) S. oben S. 162¹.

2) *Descriptus et depictus* entspricht dem griechischen ἀνέληπται (daher ἀνάλημμα) καὶ γέγραπται. Im folgenden stark verderbten Texte mag folgender Sinn stecken: *descriptioque ex XII caelestium signorum fit figura, cuius eccentricos deformatio <eficit> unum maius, alterum minus.*

3) D. h. die Exzentrizität der Ekliptikscheibe. Vgl. Abb. 75 S. 218.

4) *Suas temporibus designet horarum proprietates*, d. h. also im Sommer die langen, im Winter die kurzen Tagesstunden.

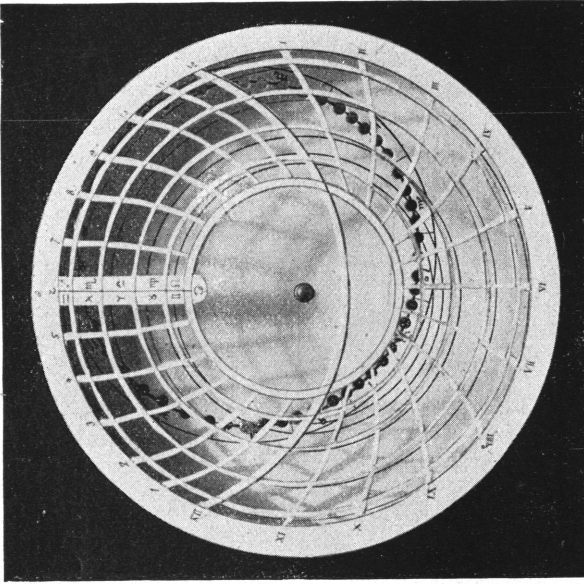
nämlich Löcher, die der Zahl der Tage des betreffenden Monats entsprechen, angebracht, durch die¹⁾ ein (durchgesteckter) Knopf (*bulla*), der bei diesen Uhren die Stelle der Sonne vertritt, die Dauer der Stunden bezeichnet. Indem dieser Knopf von Loch zu Loch weitergesteckt wird, legt er den Weg des laufenden Monats zurück. Wie daher die Sonne die Sternbilder durchwandert und dadurch die Tage und die Stunden länger oder kürzer macht, so schafft bei diesen Uhren der Knopf, der der Bewegung der Scheibe entgegenwandert, innerhalb der Monatsgrenzen bald durch breitere, bald durch engere Räume sich von Tag zu Tag weiterbewegend ein Abbild der Stunden und Tage.“

Nachdem die Identität der hier beschriebenen „anaphorischen“ Uhr mit der Salzburger an der hinteren Scheibe mit dem Himmelsbilde scharfsinnig von Rehm erkannt war, gelang es leicht, das ganze Uhrwerk zu rekonstruieren. Man sieht, wie das erhaltene Bruchstück etwa ein Viertel der ganzen Scheibe ausmacht, deren Größe an die Zifferblätter unserer Turmuhren heranreicht, wie der äußere Rand, der die Löcher für den Sonnenknopf enthielt, so ausgebrochen ist, daß nur ein gezackter Rand übrig geblieben ist; man sieht ferner, wie Reste eines Loches bei *E* den Mittelpunkt der Ekliptik, die Rundung bei *S* den der ganzen Scheibe bildete, in den von hinten die Achse eingefügt war, welche die Scheibe in Drehung versetzte.

Nach dieser Entdeckung war es nicht schwer, ein Modell der Uhr herzustellen, dessen photographisches Abbild zur Verdeutlichung des Gesagten auf Taf. xviii wiedergegeben wird.²⁾

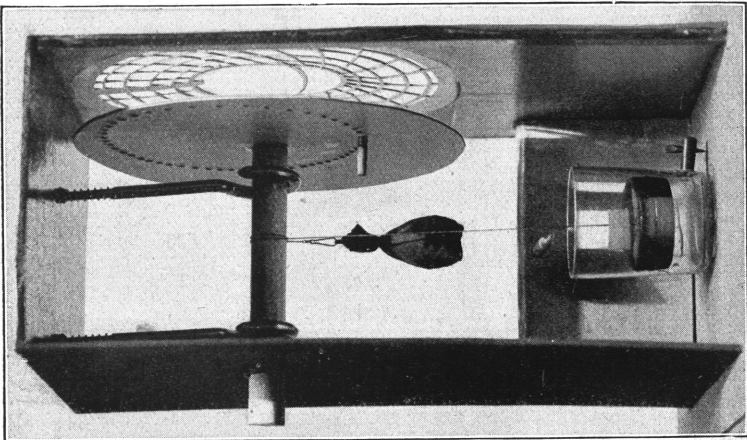
1) *Quibus bulla* statt *cuius b.* liest Rehm a. a. O. S. 46.

2) Da während des Krieges es unmöglich war, einen Mechaniker zur Herstellung eines kunstgerechten Modells zu erhalten, versuchte ich selbst



2.

Modell der Salzburger astronomischen Uhr.
1. Maschinenhaus, 2. Vorderseite mit dem Stundennetz
und der dahinter befindlichen drehbaren Himmelsscheibe.



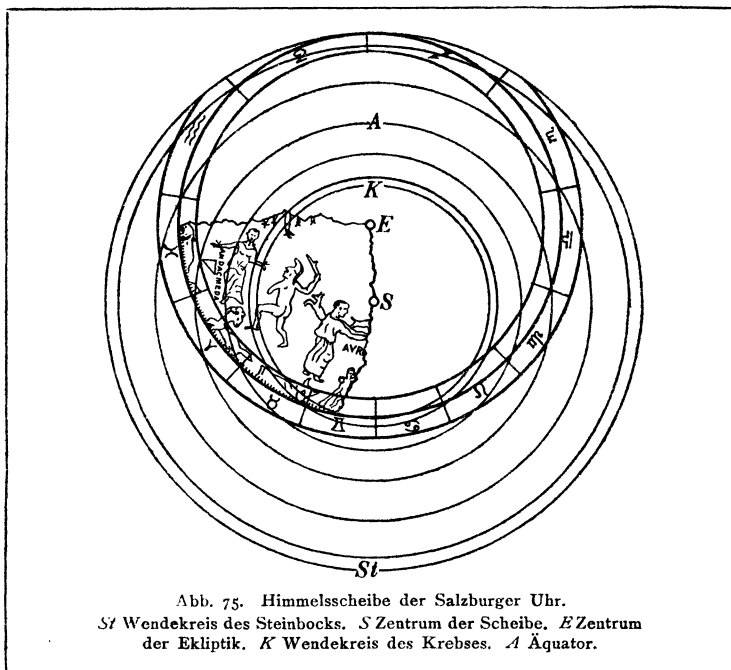
1.

Werfen wir zunächst einen Blick in das Maschinenhaus (Taf. xviii 1). Aus der Leitung fließt im Hintergrunde durch den geöffneten Hahn das Wasser in das Hauptgefäß. Es ist hier aus Glas, um die Aufhängung des Schwimmers zu zeigen, der an einer dünnen Metallkette im Gleichgewicht mit dem auf der anderen Seite der Welle herabhängenden Sandsack befestigt ist. Mit dem Steigen des Wassers bei Sonnenaufgang hebt sich der Schwimmer, der Sack senkt sich und die Welle macht eine entsprechende Drehung. Die Dicke dieser Triebwelle ist so abgemessen, daß das Steigen des Schwimmers bis zur obersten Marke, was bei der hier angenommenen Einrichtung für die 2×12 Stunden des Tages und der Nacht am nächsten Morgen eintreten mußte, eine einmalige Umdrehung der Welle und damit der an dieser Achse befestigten hinteren Scheibe bewirkte. In dieser Scheibe sieht man deutlich die 52 durchgehenden Löcher, welche statt der 365 Löcher des Ideals und der 182 Löcher der Salzburger Uhr¹⁾ für jede Woche ein Weiterrücken des Sonnenknopfes, dessen hinterer Stiel hier sichtbar ist, gestattete. Man sieht hier auf der Rückseite auch deutlich die exzentrische Lage der Sonnenbahn.

Über die mit den erwähnten Bildern des Tierkreises

aus einfachen, bereitliegenden Materialien ein solches zu fertigen. Ich benutzte es bei meinem Vortrage 1917 in der hiesigen Akademie, um den Gang der Maschinen zu zeigen. Dort fand es auch in einem Schranke seine Verwahrung. Aber die Soldateska, die am 10. November 1918 in das Gebäude eindrang, um die angeblich dort verborgenen Offiziere zu suchen, in Wahrheit, um zu plündern, zertrümmerte alle Türen, Schränke und Behältnisse und ließ dann auch ihren Mutwillen an dem armen Modell aus. Es ist gut, daß wenigstens die Photographien sich erhalten haben, nach denen die Abbildungen gegeben werden.

1) Der Uhrwärter brauchte also nur einen um den andern Tag den Knopf weiter zu stecken. Wäre die Scheibe für tägliches Umstecken eingerichtet gewesen, hätten die Löcher viel kleiner sein müssen. Ganz genau ist überhaupt diese Uhr nicht gearbeitet, was z. T. technische Gründe hat.



und des nördlichen Sternenhimmels geschmückte Vorderseite der drehbaren Scheibe (Taf. XVIII 2) ist nun nach dem Vorbilde des Astrolabs, das schon in alexandrinischer Zeit seine Vervollkommenung erreicht haben muß, ein spinnenartiges Netz¹⁾ von Kupferdrähten ausgespannt, das fest auf der Vorderwand des Uhrwerks angebracht ist. Die konzentrisch um den Drehpunkt der beweglichen hinteren Scheibe gespannten sechs Kreise stellen die sechs Monatspaare dar von dem Wendekreis des Steinbocks bis zu dem innersten Kreise des Krebses.²⁾ Die radial verlaufenden,

1) S. oben S. 168.

2) Damit der bedienende Wärter, der mit dem Sternkalender wohl nicht auf vertrautem Fuße stand, den Sonnenknopf richtig einstecken konnte,

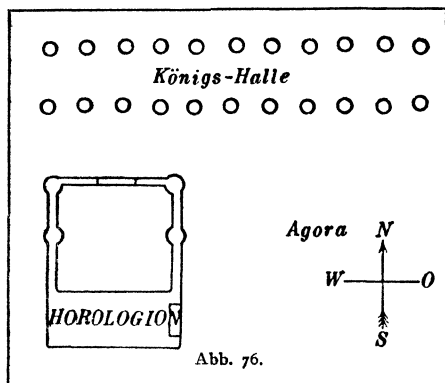
die konzentrischen Kreise schneidenden Linien dagegen die Stunden, und zwar die oberhalb des durchgehenden Bogens (von XII bis 12, Taf. XVIII 2), der den Horizont von Salzburg (48° geogr. Br.) darstellt, die Tagesstunden 1—12, die unterhalb die Nachtstunden 1—XII.

Der Hauptzweck der Uhr war also nicht bloß, dem Bedürfnis des gewöhnlichen Lebens durch Nachweisung der richtigen Stunden bei jedem Wetter zu dienen, sondern auch die Aufgänge der für die Landwirtschaft wichtigen Gestirne, die als bequeme Kalendermarken seit alter Zeit selbst den Bauern vertraut und auf allen Kalendarien, wie z. B. dem milesischen Steckkalender (s. Taf. 1) und auf Sonnenuhren (s. S. 170 f.) verzeichnet waren, kenntlich zu machen. Für den Wohlstand und das Bildungsinteresse des alten Iuvavum im zweiten oder dritten Jahrhundert unserer Zeitrechnung ist dieses vielleicht am Stadttor angebrachte Werk, dessen Bau und Unterhaltung bedeutende Kosten verursacht haben muß, ein wichtiges Zeugnis.

Die Heraklesuhr von Gaza.

Zu derselben Zeit ungefähr, wo Boethius im Auftrage des Königs Theoderich zwei Kunstuhren anfertigte, baute ein unbekannter Künstler die merkwürdige Uhr in Gaza, welche einen freien Platz, vermutlich den Marktplatz, schmückte und die Feder des damals berühmtesten Schriftstellers jener Stadt, Prokopios, zu einer Beschreibung reizte. Diese Uhrbeschreibung (*ἐκφρασις ὥρολογίου*) ward von Angelo Mai vor hundert Jahren in einer z. T. un-

ist auf der Rückseite am Rande die Reihe der Sternbilder und der entsprechenden Monate (s. Taf. XVII 1) deutlich eingraviert. Er mußte nämlich die *bulla* von innen einstecken, da wegen des Netzes ein Anbringen von der Vorderseite untunlich war. Das hat das Modell deutlich ergeben



leserlich gewordenen Handschrift des Vatikans entdeckt und ungenügend herausgegeben. Auf Grund einer Rekonstruktion des Werkes gelang es, den Text ziemlich herzustellen.¹⁾ Leider interessiert sich der Sophist in seiner Ekphrasis nur für das

mythologische Figurenwerk. Die technische Einrichtung, die dieses Wunder ermöglichte, hält der Verfasser wohl für zu handwerksmäßig, als daß sie das Publikum seiner Zeit interessieren könnte. Sie ist jedenfalls nicht erhalten.

Der Bau selbst besteht aus dem eigentlichen Uhrgehäuse und einem Vorbau. Je zwei Säulen sind der Front des Gebäudes vorgebaut, welche die Ost- und Westseite einnehmen und die das zum Schutz der Uhr gegen die Witterung notwendige Dach der Säulenhalle tragen, das wohl mit dem des Hauptbaues vereinigt war. Die Vorhalle sicherte das eigentliche Werk vor etwaigen Beschädigungen. Marmorschranken, oben mit eisernen Spitzen versehen, hielten die mutwillige Straßenjugend in einiger Entfernung, und die Gorgo, die vom Giebel schreckhaft herniederschaute, sollte die Frevler bannen. Der Grundriß mag also nach der Beschreibung (§ 10—16) etwa obenstehende Gestalt gehabt haben (Abb. 76).

1) Diels, *Über die von Prokop beschriebene Kunstuhr von Gaza* in den *Abh. d. Pr. Ak. d. W.* 1917, phil.-h. Kl. n. 7. Archäologische Beihilfe leisteten in dankenswerter Weise Prof. Noack und Reg.-Baum. Dr. Krischen. Ich habe einzelnes aus dieser Abhandlung wörtlich herübergenommen.

Die Beschreibung beginnt von oben mit dem Gorgonenhaupt (s. Abb. 77. 78), das beim Schlage der abgelaufenen Stunde die Augen furchtbar rollte. In dem unterhalb des Giebels befindlichen Raume des Uhrgehäuses befinden sich die Stundentüren. Durch eine auf die antike Gnomonik zurückgehende und mit Zeichnungen geschmückte Beschreibung des Arabers Gazari (1206) haben wir eine Vorstellung von der Einrichtung dieser Stundentüren.¹⁾ Die oberste Reihe nun bei der Uhr von Gaza bilden die zwölf Türen der Nacht, die durch ein von links nach rechts wanderndes Licht abwechselnd erhellt werden. Sie blieben ohne künstlerischen Schmuck, den man bei Nacht ja doch nicht erkannt hätte. Der Beschreiber wendet sich daher sofort zu der darunter befindlichen zweiten Türreihe. Ein Adler entfaltet über der ersten dieser Türen die Schwingen und schießt nach vorn. Die Flügeltür öffnet sich, während der auf dem Gsimse darunter einerschreitende Helios auf diese Tür noch besonders hinweist. Aus ihr tritt nun Herakles heraus und zeigt dem Publikum die Beute seiner ersten Arbeit, das Löwenfell. Der Adler bekränzt von oben den Helden mit dem Siegeskranz. Dieser verneigt sich gegen die Zuschauer und verschwindet mit dem Kranze auf dem Haupte in seiner Klausur, deren Tür sich wieder schließt. So vollführt Herakles seine zwölf Arbeiten, und jede Erscheinung des Heros wird durch das Vorrücken eines über der Tür befindlichen Adlers, durch das Öffnen der Tür und das Herablassen des Kranzes auf das Siegerhaupt vorgeführt. Wer also die Reihenfolge des Dodekathlos, die ziemlich fest in der Schultradition des Altertums haftet, kennt, kann die Stundenzahl schon an dieser Vorrichtung erkennen.

1) Wiedemann-Hauser, *Über die Uhren im Ber. d. islam. Kultur* (*Nova Acta der k. Leop. Carol. D. Ak. d. Naturf.* Band 100 n. 5 S. 63).

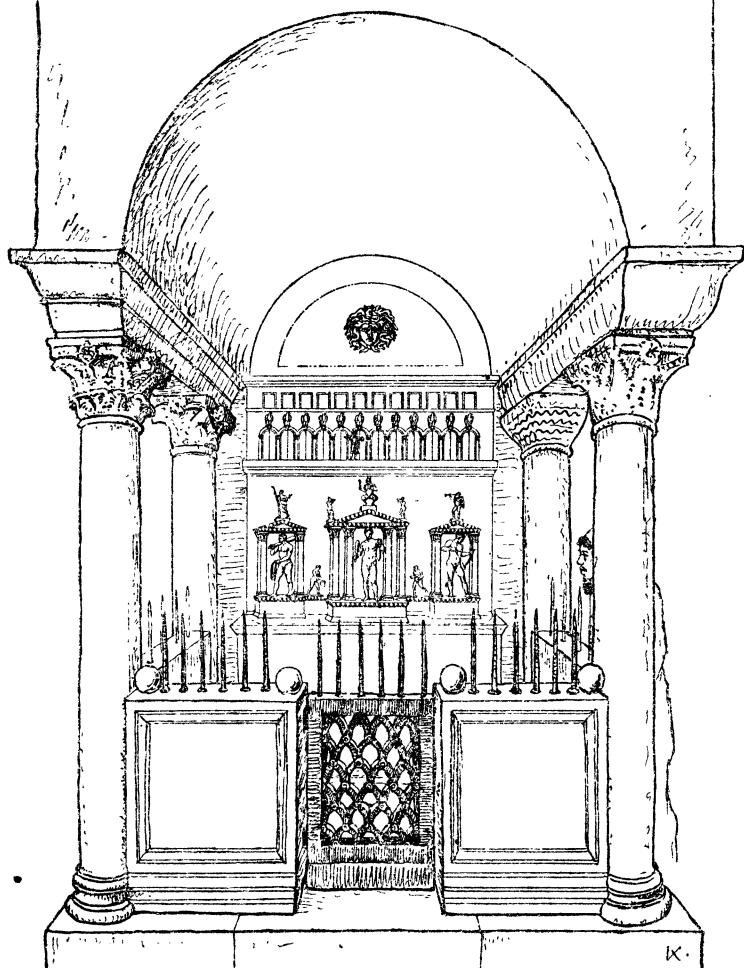


Abb. 77. Gebäude der Kunststuh von Gaza.

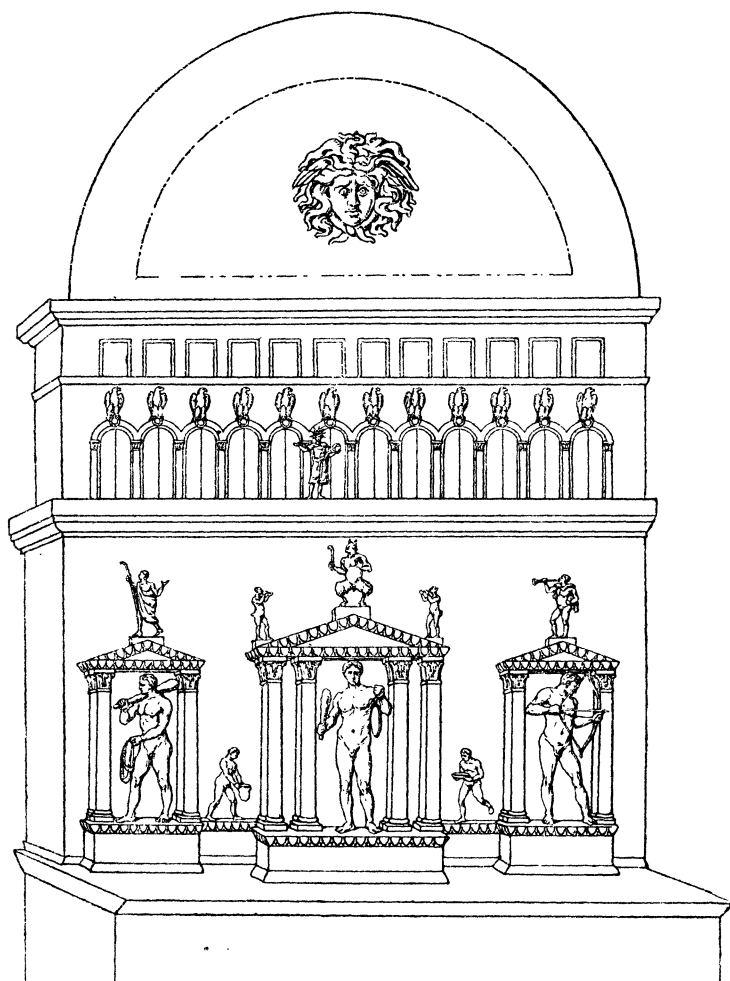


Abb. 78. Vorderseite der Kunststhr von Gaza.

Aber der Künstler hat auch ein Schlagwerk hinzugefügt, um die Stunden über den ganzen Platz und weiterhin hörbar zu machen. Wir sahen, daß schon Ktesibios die Stundenablösung durch das Fallen von Kugeln in ein metallenes Becken anzeigte, was die Araber in ihren Uhren wiederholt haben. Aber da stets nur eine einzelne Kugel fiel, wußte man wohl, daß eine Stunde abgelaufen war, aber nicht, welche Stunde es geschlagen hatte. Das Kunstwerk von Gaza dagegen schlägt die Stunden nach ihrem Werte, aber bemerkenswerterweise geht die Zahl der Schläge nicht von 1 bis 12, wie bei uns, sondern nur von 1 bis 6. Dann wiederholt sich für die Nachmittagsstunden der Schlag. Der Ekphrast gibt als Grund für diese Teilung an, man wolle dadurch verhüten, daß das Ohr, durch die vielen Schläge betäubt, die Zahl nicht scharf auffassen könne. Das läßt sich hören. Denn auch bei unsern Turmuhren ist es nicht leicht, die vollen Schläge genau zu zählen. Da die antike Stundenzählung erst mit dem Aufgang der Sonne beginnt, konnte eine Verwechslung der Vormittags- und Nachmittagsschläge gar nicht eintreten. Der Schnitt nach dem Mittagsläuten war um so natürlicher, als auf den Sonnenuhren, deren Einrichtung bei der Konstruktion der Wasseruhren mannigfach vorbildlich war, der Meridian besonders betont war und so das Abzählen der davor und dahinter stehenden Stundenmarken, die nicht mit Ziffern bezeichnet wurden (s. S. 175 A. 3), keine Mühe machte.

Das Schlagwerk besteht in der Figur des Herakles, der unten in größerem Maßstab ausgeführt in einer Ädikula steht und mit der Keule, die er in der Rechten schwingt, auf ein ehernes Schallblech (Gong) losschlägt, das er mit der Linken schwebend hält. Das Blech nannte der Künstler, wie der Sophist bemerkt, scherzhaft den

Löwen. Daß der sonst nackt dargestellte Jüngling bereits das Löwenfell um die Schultern trägt, das er dem erlegten Tiere abgezogen, tut dem Künstlerwitze keinen Eintrag.

In der Nähe der Ädikula, vermutlich als Akroterienfigur, ist Pan angebracht, der bei dem Schalle des Gongs die Ohren spitzt, da er den Laut seiner geliebten Echo zu vernehmen glaubt. Er ist umgeben von Satyrn, die den unglücklichen Liebhaber durch Grimassen verhöhnen.

Rechts und links von dem mittleren Tempelchen ist Herakles auch noch in zwei anderen Situationen dargestellt. Wie die untere Mittelfigur den ersten Kampf des Helden wiederholt, so ist er hier rechts als Bogenschütze dargestellt, der nach den Äpfeln der Hesperiden schießt, also das letzte Abenteuer, das zugleich nach dem Abend, dem Westen, hinweist, den die Figur nach der Orientierung des Gebäudes markiert. Man erwartet, daß ein im Osten spielender Kampf, etwa das Abenteuer mit der Amazone, das ihm den Gürtel der Hippolyte als Siegespreis einbrachte, in der Eckfigur links zur Darstellung kam. Aber hier bricht gerade die Handschrift ab.

Wie die mittlere Ädikula auf dem Dache mit einigen Nebenfiguren geschmückt war, so hat rechts über dem Bogenschützen Herakles der Trompeter Diomedes seinen Platz gehabt. Er bläst den Zapfenstreich, wenn die Tagesuhr abgelaufen und der Dodekathlos vollendet ist. Der Sophist erinnert selbst daran, daß diese Rolle des Tydiden aus der Achillessage stammt, wo der Held die Aufgabe hatte, durch das Schlachtsignal das kriegerische Feuer des bei den Töchtern des Lykomedes versteckten Achilles zu wecken. Statius und der jüngere Philostrat, die allein Diomedes neben Odysseus bei der Szene in Skyros kennen¹⁾,

1) Stat. Ach. II 27; Philostr. II 392, 29 Kays. 1871.

geben passender diese Rolle dem ihn begleitenden Trompeter Agyrtes. Denn das Amt, die Stunden der Sonnen- oder Wasseruhr auszurufen, gab man in Rom von jeher einem Sklaven. Trimalchio¹⁾ hat eine Uhr (*horologium*) in seinem Triklinium aufgestellt und dabei einen Bläser (*bucinator*), der die Stunden verkündet, wie bei uns auf dem Dorfe der Nachtwächter. Aber Prokop hat auch sonst²⁾ den Trompeter Diomedes nach dem Vorgang des Libanius³⁾ eingeführt. Man könnte daher annehmen, daß der Sophist diesen Gedanken dem Uhrkünstler an die Hand gegeben hätte, wenn nicht Boethius in der gleichzeitig hergestellten Kunst- uhr für Gundibald (s. S. 212³⁾) neben anderen Figuren auch den Trompeter Diomedes dargestellt hätte. Dies war also ein Erbstück der antiken Gnomonik.

Nach des Tages und des Lebens Mühe denkt sich der Hellene den großen Helden gern als ruhend und das Leben genießend. Mit dieser Vorstellung des Herakles Anapauomenos hängen nun offenbar ein Paar Nebenfiguren zusammen, die als Diener charakterisiert sind. Der eine bringt auf das Signal des Diomedes seinem Herrn das Badegerät, um vor dem Essen das übliche Bad zu bereiten. Er wird ein Becken oder eine Kanne mit heißem Wasser oder Striegel und Salbfläschchen, vielleicht beides heranbringen. Ein anderer Diener schafft die Speisen herbei, die er schon bei Beginn des Tages auf dem Markte eingekauft hatte. Der eine Sklave, der die abendliche Beschäftigung darstellt, muß nach Westen (also zur Rechten des Schlagwerks), der andere, der den Morgeneinkauf bringt, nach Osten, also zur Linken des Herakles gesetzt werden. Doch darf, wie das

1) Petron. 26, 9.

2) In der *ἐκφρασις εἰκόνης* S. 170, 24 (Choric. ed. Boissonade).

3) VIII 409, 14 Förster.

in unserer Skizze zum Ausdruck gebracht ist, die Größe und Stellung der Diener nur als Episode erscheinen.

Für den Hirten, der im folgenden geschildert wird, bleibt wohl kein anderer Platz übrig als auf einem der beiden Nebengiebel, welche der Architekt zu beiden Seiten des Hauptgiebels über dem Heraklestempel angenommen hat. Da der eine zur Rechten (also nach Westen) den richtigen Platz für Diomedes, den Verkünder der Abendstunde, abgibt, so bleibt für den Hirten der Ostgiebel, da er als Gegenstück zu Diomedes bezeichnet wird. Er steht da ganz passend an der Ostecke, um mit frohem Antlitz und erhobener Rechten das Erscheinen der lieben Sonne zu begrüßen.

Die Größe des ganzen Baues berechnet der Architekt, der unsern Riß entworfen, auf 6 m, die Breite auf 2,70 m. Über die Technik scheint der antike Beschreiber sich nicht näher ausgesprochen zu haben, wenn nicht der fehlende Schluß des Stückes sich dazu äußerte. Aber besser als die Worte des oberflächlichen Sophisten orientieren über die Einrichtung solcher Kunstwerke Herons Schriften und was Vitruv aus Ktesibios, der Urquelle aller späteren Gnomonik, ausgezogen hat. Auch die daraus abgeleiteten arabischen Quellen geben, wie wiederholt erwähnt, guten Aufschluß namentlich über die Einzelheiten, so daß es ein leichtes wäre, eine solche Kunstuhr wiedererstehen zu lassen, wenn unsere ernste Zeit noch für solche Spielereien ein mehr als historisches Interesse aufzuwenden in der Lage wäre.

Trotz den Mängeln der Beschreibung müssen wir Prokop für seine ausführliche Ekphrasis Dank wissen, da sie auf der Wende der Antike und der byzantinischen Epoche geschrieben, einerseits von dem Nachleben der alten technischen Literatur und Kunstfertigkeit Zeugnis ablegt, anderseits uns erklärt, wie diese damals im Morgen- und Abend-

lande beliebten Kunstwerke durch das arabische und fränkische Mittelalter hindurch einen Rest hellenischer Wissenschaft und Kunst in hellere Zeiten retten konnte. Außer den erwähnten Uhren des Cassiodor und Boethius, die zeigen, daß man auch in Italien am Anfang des 6. Jahrhunderts solche Uhren zu konstruieren verstand, hören wir von einer Uhr, die Papst Paul I. Pippin dem Kleinen schickte¹⁾, wir hören, wie im Jahre 807 eine arabische Gesandtschaft im Auftrage Harun al Raschids Karl dem Großen eine aus Messing gefertigte Kunstuhr überbrachte²⁾, deren ausführliche Beschreibung bei Einhart uns lebhaft an die Uhr von Gaza, aber auch an die des Gazari erinnert. Diese Uhr ward durch eine Klepsydra getrieben, zwölf eherne Kugelchen fielen nach abgelaufener Stunde in ein Becken (*cimbalum*) und gaben so die Stunden an. Gleichzeitig mit diesem Stundensignal öffneten sich oben der Reihe nach zwölf Fenster, und Ritter sprengten daraus hervor, die beim Zurücktreten den automatischen Verschluß der Fenster bewirkten.³⁾ Die Uhr ward im Kaiserpalast zu Aachen übergeben und blieb wohl auch später noch geraume Zeit dort. In den folgenden Jahrhunderten hören wir nur wenig von Kunstuhren. Welcher Art das Werk war, das der Diakon Irenäus Pacificus in Verona⁴⁾ in der ersten Hälfte des

1) Jaffe, *Monum. Carol.* (Cod. Car. ep. 24) S. 101 f.

2) S. Abel-Simson, *Jahrb. des fränk. Reiches* II 365 ff. (L. 1883).

3) Einhardi Ann. (Mon. Germ. Scr. I 194, 14; ann. 807) *equitibus, qui per XII fenestras completis horis exiebant et impulsu egressionis (l. regressionis) suae totidem fenestras quae prius erant apertae clauderant.*

4) Bertelli in den *Mem. d. Pontificia Accad. rom. d. nuovi Lincei* XXIII (Rom 1905) S. 70 ff. Das *horologium nocturnum*, dessengleichen Verona nie gesehen, scheint, wenn ich die von O. Panvinio 1621 gelesene alte Grabschrift richtig verstehe, eine Erklärung (*glossam*) des Alten und Neuen Testaments (Figuren daraus?) und die himmlische Sphärenharmonie (*carmen sphaerae coeli optimum*) der Uhr eingefügt zu haben.

9. Jahrhunderts und der Abt Wilhelm von Hirsau¹⁾ um 1070 bauten, welche Horologien dann im 13. Jahrhundert entstanden, ist aus den kurzen beiläufigen Beschreibungen nicht recht zu ersehen. Nur sieht man, daß die Uhren, *qui per aquam fiunt et pondera*, welche Guilelmus Alvernus, Erzbischof von Paris († 1248) erwähnt²⁾, keine Räderuhren in unserem Sinne waren, sondern durch Wasser getriebene sogenannte anaphorische Uhren, die durch einen Schwimmer mit Gegengewicht eine Welle in Bewegung und dadurch ein astronomisch orientiertes Zifferblatt in Drehung versetzten, auf dem man die Stunden von Tag und Nacht sowie den Aufgang der Hauptsterne abzulesen imstande war.³⁾

Der Dichter des jüngeren Titurel fügt offenbar aus eigener Anschauung die Beschreibung einer wundersamen Kunstuhr (*orolei*) in die Darstellung seines Graltempels ein, aus der sich ergibt, daß wie auf den orientalischen Uhren dieser Art Sonne und Mond durch ein verborgenes Triebwerk ihre Kreisbahnen vollendeten.⁴⁾ Um dieselbe Zeit hat auch König Alfons X. von Kastilien in seinen *Libros del saber* (1256) die antike Wasseruhr nach arabi-

1) Mon. Germ. script. XII 211 (Vita B. Willihelmi abbatis) *nam naturale horologium ad exemplum coelestis hemisphaerii excogitavit, naturalia s. l. stitia sive aequinoctia et statum mundi certis experimentis invenire monstravit, quae omnia etiam litteris mandare curavit.* War dies eine Sonnen- oder eine Wasseruhr?

2) De anima ed. Rothomagi 1674 c. 1 p. 7. 72 (Bilfinger, *Mittelalt. Horen*, Stuttg. 1892, S. 150).

3) Vgl. das Salzburger *horologium anaphoricum* oben S. 213 ff.

4) Ausg. v. Hahn, Str. 354—356. Zarncke, *Abh. d. s. Ges. d. W.* VII phil.-hist. Kl. n V (1876), Str. 47, 48. Es heißt da: *Die (näml. die gold- varwe sunne und darzuo der silbergebede mâne) zugen âbent und morgen orolei von kunst der richen mit listen so verborgen, daz oug nre kund erkiesen ir umbeslîchen.* Eine kurze sachliche Erläuterung gibt Boisseree in *Abh. d. bayer. Ak., philos.-philol. Abt., I. Bd.* (1834), S. 350 ff.

schen Quellen in mannigfachen Variationen wiedererstehen lassen.¹⁾ Ein Jahrhundert später konstruierte der Paduaner Giacomo de Dondis auf dem Palaste des Hubertino di Carrara eine astronomische Uhr, die den Lauf der Sonne, die Planeten, Mondphasen, Monate, Tage und Stunden anzeigte. Das Wunderwerk, das sein Sohn ausführlich beschrieb, verschaffte Dondis den Beinamen *Horologius*.²⁾

Die erste Uhr in Paris hat Pierre Pipelart um 1300³⁾, nach ihm ein deutscher Künstler, Heinrich von Wiek, 1370 für König Karl V. erbaut⁴⁾, und die Deutschen scheinen nun im 14. Jahrhundert, in dem sich bei ihnen auf vielen Gebieten der Genius der Neuzeit kräftig rührte, die Vorherrschaft in dieser Technik errungen zu haben. Die französische Grande Encyclopédie, die das bereitwillig anerkennt, weiß auch den Grund dieser Überlegenheit in der Vielseitigkeit und Genauigkeit unsrer wissenschaftlich-technischen Arbeit zu finden.⁵⁾

Diese Verbindung wissenschaftlicher Einsicht und technischen Geschickes feiert im 14. Jahrhundert ihren größten Triumph in der Errichtung der Straßburger Kunstuhr, die 1352—1354 im Münster gegenüber der jetzigen Uhr errichtet wurde. Noch kunstvoller und wissenschaftlicher stellt

1) Ed. Rico y Sinobas (Madrid 1866) IV 24 ff.

2) Falconet, *Mém. d. Littér. de l'Ac. d. Inscr.* XX (1753), S. 440 ff.

3) Fremont, *Origine de l'horloge à poids* (Paris 1915), dessen Mitteilung aus dem Journal du Trésor de Philippe le Bel (s. XIII med.) ich aus den *Compt. rend. de l'Ac. des Inscr. et B. L.* 1916 S. 240 kenne.

4) Falconet a. a. O. 453.

5) XX 268 *au moyen âge, l'Allemagne semble avoir obtenu la supériorité dans ce genre, dont la multiplicité et la précision des détails ont toujours convenu au génie tudesque.* Die Bosheit, in die das Lob eingewickelt wird, ist eine zur Versöhnung des französischen Lesers fast notwendige Beigabe. — Die zahlreichen, vom 14. Jahrhundert an in deutschen Städten errichteten Kunstuhrn, die meist noch heute in Betrieb sind, überblickt man gut in Feldhaus, *Technik* (Lpz. 1914), Sp. 1203 ff., Abbild. 763—767.

sich die Erneuerung dieser Uhr durch die Mathematiker Konrad Rauchfuß (Dasypodius) aus Straßburg und David Volkenstein aus Breslau dar, die 1570—1574 durch die Mechaniker Brüder Habrecht aus Schaffhausen das Werk größer und reicher aufbauten¹⁾, bis der Straßburger J. B. Schwilg²⁾ die jetzige Uhr 1838—1842 in der vollendetsten Weise zum dritten Male herstellte. Wenn schon Julius Caesar Scaliger wohl im Hinblick auf die Straßburger Uhr die Herstellung solcher Kunstuhren als eine der drei größten Erfindungen, welche die Welt den Deutschen zu verdanken habe, überschwenglich rühmt³⁾, so

1) Die Vollendung hat dem damals 1574—1575 in Straßburg weilenden Dichterphilologen Frischlin Veranlassung gegeben, zu Ehren der deutschen Stadt Straßburg (*pulcherrima haec totius urbs Germaniae quae et praesidio et ornamento sit patriae*) eine Beschreibung in den ersten Akt seines berühmten *Julius redivivus* V. 137—163 einzulegen, der damals dort gedruckt und 1575 veröffentlicht wurde. Im selben Jahr erschien dann von ihm auch noch dort ein besonderes *Carmen de astronomico horologio*. Der enge Zusammenhang der Figurentechnik bei dieser Uhr mit dem Automatenbuch des Heron, den Dasypodius selbst bearbeitet hat, zeigt schon der Titel seiner eignen Beschreibung *Heron mechanicus et horologii Argentorati descriptio*, Straßb. 1580. Vgl. W. Schmidt in einem lehrreichen Aufsätze der *Abhandl. z. Gesch. d. Math.* VIII 177 ff.

2) Schwilgué (so schreibt sich der Straßburger der Gewohnheit seiner Zeit entsprechend) hat auch eine Beschreibung der Uhr verfaßt (Straßb. 1862, 1863), wie schon Dasypodius, Straßb. 1578 und 1580. Abbildungen beider Uhren finden sich z. B. bei Ungerer, *Die astronomische Uhr im Straßburger Münster*, Straßb. 1911.

3) J. Caes. Scaligeri Epistolae et orationes. Plautin. 1600, S. 387. Neben der Uhr preist er die Erfindung der Buchdruckerkunst (*aeternitatem illa describendi arte imitati sumus*) und der Feuerwaffen, die Jupiters Donner nachahmen, ja übertreffen. Siehe B. A. Müller, *Berl. philol. Wochenschr.* 1915, Sp. 1310 ff., der dies Epitaphium Scaligers ins Jahr 1542 setzt. Merkwürdig ist, daß schon vor Scaliger und Frischlin ein italienischer Humanist Bartolus Lucanus in einem an den Papst Innozenz VIII. (1484—1492) gerichteten Gedichte (Rom um 1486), in dem er ihm das Angebot der Erfindung einer Tauchvorrichtung zum Bergen der Schätze untergegangener Schiffe u. dgl. macht, eine Geschichte der Erfindungen gibt, in der er die drei: Schlaguhr, Kanone und Buchdruckerkunst, unmittelbar aufeinanderfol-

wird jeden, der mit historischem Verständnis heute um die Mittagsstunde vor die Straßburger Uhr tritt und inmitten einer andächtig staunenden Menge der Erklärung des Küsters lauscht, ein doppeltes Gefühl überkommen. Er wird dankbar des Erbes gedenken, das die Menschheit der hellenischen Wissenschaft und Kunst verdankt, und dann mit Stolz der Tüchtigkeit des deutschen Volkes innewerden, welches das Ererbte schöner und reicher zu entwickeln verstanden hat. Wenn wir hören, daß die unendlich komplizierte Einrichtung der Uhr zur Angabe aller astronomischen Phänomene und kirchlichen Feste, ohne daß etwas zu verstellen ist, 25804 Jahre lang automatisch vorhalten kann, dann darf man sich wohl, und heutzutage ganz besonders, der bewundernden Worte Scaligers erinnern: *aeternas res fecimus, aeternitatis auctorem dedimus; quid amplius restat invicto animo Germanorum faciundum?* Mag auch nach dem unerforschlichen Ratschluß des Schicksals die uns einst schmählich entrissene Stadt Straßburg wieder in französische Hände gefallen sein, das Straßburger Münster, Straßburgs Kunstuhr und Straßburgs Universität werden auch künftig Zeugnis dafür ablegen, was die Kunst und Wissenschaft dort von den Zeiten des Meisters Erwin (1277) bis zur heutigen Epoche dem deutschen Genius zu verdanken hat.

gen läßt. Die beiden letzten Erfindungen, die er ausführlich preist, schreibt er ausdrücklich den Deutschen zu.

REGISTER

A.
Aachen 228
Abdaraxos, Mechaniker
aus Alexandria 30¹
Abzug 97
Achilles 225
Achsen der Türe, des
Wagens 43
Adler 221
Ägäisches Meer 77
Ägypten 42. 52. 76. 123.
131. 144. 150; Plastik
17²
Ägypter 139. 156; Schrift
71
Aelius Promotus 136
Aeneas Tacticus 73 ff. 81.
195¹
Äolipile 58
Äquinoktialstunden 158.
162
Ärotonon 106
Africanus, Jul. 147²
Agamemnon 79
Agatharchides 124¹
Agrimensoren 16¹
Agyrtas 226
Aḡas 156²
Aigiplankton 80
Aischylos Agam. 280 ff.:
79
Ajax 62 ff.
Akademie Platons 161.
198
Akropolis Athens 161
Alaun 142 ff. 145
Alchemie 421 ff. 138

Alexander aus Abonutei-
chos 151
— der Große 30¹. 31
Alexandreia 15. 27. 30¹;
80¹. 130. 170. 188;
nicht zu Ägypten ge-
rechnet 144⁴
Alfons X. v. Kastilien
175². 184. 229
Alkanna 145
Alkmaion v. Kroton 25
Alkohol 107. 153
Alphabet, griechisches 83
Alphabetischer Telegraph
83 ff.
ἀναόρωσις = Blende 148
Amazonenkampf d. Hera-
kles 225
Amboß 154
Amerika 41
Amethyst 145
Ammianus Marcellinus 99
Amoretten als Gold-
schmiede 154
Ampurias 92. 101 ff.
Anabatae 212².
Analemma 162¹. 215
ἀναφορά, ἀναφορικὸς
214²
Anastasy 139 f
Anaxagoras 26. 193
Anaxilaos 129 ff. 138.
147 f.
Anaximander 8. 12 ff. 157 f.
Ancona 189
Andrias 188
Andronikos Kyrrhestes
172 ff. 213

Angelus Joh. Magister
122
Anonymus *De rebus bel-
licis* 68¹. 107
Anthemios 36¹
Anthologia lat. X 43; 160¹
ἀνθος τὸ ἀπὸ τῶν βα-
φείων (Färberlack) 145
Antiboreion 178
Antikythera 28¹
Anubisvasen 151
ἀντιστοιχία Anaximanders 13
Aphaiatempel in Aegina
8 f.
Apollon, Siebenzahl 25²
Apollonia am Pontos 12
Apollonios S. d. Apollo-
dotos 177
— aus Perge 36. 178
— Kriegsingenieur 200⁴
ἀπονομία technisch 124¹
Aquila 182 ff. 186
Araber 75. 76. 121; Fäl-
schungen 116 f.
Arachnaion 80
Arachne 160⁴. 168. 173
Aratos 172
Archilochos 72
Archimedes 24. 33 ff. 83².
113². 114 ff. 200. 211
Architekten 15 f.
Archytas v. Tarent 24 ff.
33. 35
Arcitronito des Archi-
medes 115
Arcuballista 95¹
Arenarius des Archimedes
34

- Ariosto 118 f.
 Aristarchos v. Samos 164
 Aristokles 198
 Aristokratie, antike 40 f.
 Aristophanes Thesm. 421:
 52; Vög. 992: 16; Ekkh.
 651: 159²; Wesp. 92.
 856: 193
 Aristoteles 27. 29². 132.
 203; Ath. Pol. 67, 2:
 193
 Aristoxenos 21. 23. 28 f.
 198
 Armbrust 22. 95
 Arsen 120
 Artemision 79
 Artemistempel in Luso 145
 Artemon aus Klazomenai
 20⁸
 Artillerie 20 ff. 91 ff.; Ety-
 mologie 93⁸
 Arzt als Handwerker 22
 Asasel 125 ff.
 asem (= Elektron) 131.
 141
 Asien 77
 Asopos 79
 Assyrer, Schrift 71
 Astrolab 28. 160⁴. 214¹
 Astrologie 131¹. 138
 Astronomie 14
 Athen 27. 77. 161: Turm d.
 Winde 172; National-
 museum 28¹
 Athenaeus Deipnos. 174 C:
 198³
 — Mechan. p. 10, 10 W.:
 31²
 Athene 62 ff.
 Athos 79 f.
 Automaten Herons 62 ff.
 Automatentheater 62
 ἄξιον (Homer, Hesiod,
 Solon) 43
- B.**
- Babylon 78¹; Astronomie
 3 f. 156 f.; Feuerpost
 78¹
 Babylonier, Schrift 71
 Bacchusfest Herons 62
 Baco, Roger 107. 152;
De secretis operibus
 111 ff.
 Badeofen 60³
 Balanosschloß 53 ff.
 Balkentelegraphie 88
ballistae 197
 Bambus, ostindischer 144
βάναντος παιδεία 39¹
βαφή der Edelsteine 144
 Bartolus Lucanus 231³
βάσανος 142¹
 Baugewehr 22. 96 ff.
 Bauernkalender 171; -uhr
 160
 Bauhandwerk 32
 Belagerungstürme 31
 Bellerophon 71
 Berlin (opt. Telegraph)
 88; Zeughaus 92; Völ-
 kermuseum 114; Anti-
 quarium 167. 175¹
 Berossos 168. 173
 Beryll 145. 148
 Besteck, ärztliches 28
 Billettautomat 68
 Biton aus Alexandria 23
 Blasebalg 154¹
 Blattgold 142
 Blei 141 f.
 Blende, Blendling 148 f.
 Boëthius 212
 Bööten 80
 Bogen 20. 94 ff.; des
 Odysseus 95
 Bologna 167²
 Bolos 127 ff.
- C.**
- Bonifatius 75
 Bosphorus 6. 8
 Branca, Giovanni 61
 Brennspiegel d. Archi-
 medes 36
 Briestaubenpost 76
 Brillen 107
 Brinkmann, A. 49
 Bronze, elastische 104
 Bronzebüchse 114
 Brotteig (*μαῖζα*) 143
 Brücken über d. Halys,
 Hellespont 4 ff.
 Buchdruck, Erfindung 119
 Buchstabenrad 74
bucinator Stundenbläser
 2:6
 Buffon 36¹
 Byzantinische Malerei,
 Kanon 17²
 Byzanz 6. 30¹. 108
- C.**
- Cannstatt, Sonnenuhr 165
 Carthagene 95¹
 Cassiodorus 212
catapultae 97
 Chaldäer 4
 Chappe, Claude 88
 Charis 80
 Cheirokmeta 135²
χειροσίφωνες 111
 Chemes (= Chymes) 122
 Chemie 121 ff.; Etymolo-
 gie 122 ff.
 Chiffreschlüssel 86
 Chiffreschrift 75. 152
 China 41. 114
 Chinesen 156
 Chirurgie 26
 Chrysographie 142
χρυσόχοιμή 148⁴
χῆμα 123
 Chymes 122. 132

χρμός 123	10 ¹ ; 12,28: 20 ³ ; 14,41:	Elektron 131
Cicero 33. 119. 148; über	20 ³ ; 14,42: 20 ⁸ . 94 ²	Elemente, chemische 132
Archimedes 33	Diogenes v. Apollonia 26	Elgin marbles (Brit. Mus.)
Cimoseo bei Ariost 118	Diokletian 139	174
Claudianum 128	Diomedes 212 ³ . 225	Empedokles 26. 193
Cliderides, König der	Dionysios I. 19f. 84. 94.	Emporion (s. Ampurias)
Cirodastri 117	160	92
Codices, chemische 128 ff.	— II. 75	ἐνιαυτός 3 ¹
Cole, Humphray 68	— v. Alexandria 19. 104	Enneakaideketeris 5
Compositiones (techn.	Dionysodoros 174	Ephoros 20 ³
Schrift d. Mittelalters)	Dioptra Herons 11. 64 ¹	ἐπιβάθρα (machina as-
134	Diptychon 71 f.	cendens) 31 ²
Conus, Conarachne (Uhr-	Dodekathlos 221	Epidaurus 80
systeme) 174 ff. 178	Dondis, Jac. de 230	Epikrates aus Heraklea
corvus demolitor 31	Donnermaschine 64	30 ¹
Crêt-Chatelard (Reiseuhr)	Donnerschlag 111 ff.	Epimachos aus Athen 30 ¹
191	Doppeltafel (Diptychon)	Erasistratos 27
Cumae 23	71 f.	Eratosthenes 34
	Dorion 30 ¹	Erde nach Anaximander
D.	Doryphoros Polyklets 18	13
Dädalus 42	Drehschloß 56	Eröten als Goldschmiede
Dampfkochtopf 60 ²	Dreiecksberechnung der	154
Dampfkugel 58	Tempel 8	Erwin v. Steinbach 232
Dampfmaschine 57 ff. 114	Dreizahl 13 ff. 16 f.	Erzspanner 104
Dampfmühle 62	Dürer 17	Essig 145
Dareios 6		Etruskereinfluß 16 ¹
Dasypodius 231	E.	Euainetos, Münzmeister
Dekas 17	Echo und Pan 225	21
Delos 181	Edelmetalle 141	Euböa 62. 78. 79 f.
Delphin 173. 184	Edelsteine 126 ff. 140. 143	Eubulos, Komiker 159
Demetrios von Phaleron	Ei der Philosophen 134 ¹	Eudoxos 35 ¹ . 160 f. 168.
203	Eid der Geheimhaltung	172. 198
δημιουργός (Arzt) 26 ¹	152	Eukleides (Math.) 177
Demokleitos 85	Einarm 98	Eupalinos 9 ff.
Demokrit 27. 35 ¹ . 126 ff.	Einhard 228	Euphrat 10
Demosthenes 77	Einheitsdrang d. Hellenen	Euporos, M. Antistius 183
Dendera, Tempel 150	2; d. ion. Philosophie	Furhythmie 8
Depeschenrad 74	131	Euripos 79
Deutsche als Erfinder	Einheitsmaß 19	Eurykleia 42. 51
112 ff.	Ekliptik 158. 210 ff.	Euthytone 97 ff.
Diades 30	Elateia 77	Everitt, P. 70 ¹
Digestor (Dampfkochtopf)	Eleaten 26. 132	Experimentalphysik 27
60 ²	Elektrische Telegraphie	
Diodor 1, 98: 17 ² , 2, 9:	88	

F.		Griechisches Feuer 108 ff.
Fabriken 32 Fackeltelegraphen 82 ff. Färbemittel 145 ff. Färberlack 145 Färbung d. Edelsteine 144; der Metalle 142 Fallbrücken 31 Farbenunterschiede der Metalle 142 ¹ Farbstoffe 145 ff. Federschloß 55 Ferngläser 107 Fernschrift 76 ff. Feuer, fliegendes 108; flüssiges 109 ² ; griechi- sches 108 ff. Feuerpost 77 ff. Feuerrohr 114 Feuersignale 76 ff. Feuerspritze 58. 66. 203 Feuertonnen 110 Anm. Feuertriere 109 Feuervergoldung 142 Feuerwächter 77 Feuerwarten 78 Figig (Oase) 196 Firmicus Maternus 121 Firniß 142 Flaggsignal 84 Flaschenzüge d. Archi- medes 34 Fließ, Wilh. 25 Florenz, Dom 167 ³ Flugzeug 107 ³ Forbach (Reiseuhr) 185 Fünfdrachmenstück 70 Funkentelegraphie 76	Gauß 37. 88 Gaza 33. 219 ff. Gazari 221. 228 Gebirgsgeschütz 23 Geheimdepeschen 71 ff. Geheimnis der Alche- misten 145 ff. 148. 152 Geißberg 80 Geometrie, voreuklidische 24 <i>γέρανος</i> (Kran) des Dia- des 31 ³ St. Germain, Museum 92 Geschütze, antike 18 ff. 91 ff. ~ Gestirne, System Anaxi- manders 13 Gesundheit, Def. d. Alk- maion 25 Gilbung (<i>ξύνησις</i>) 123. 142 Gleichen 157 ff. Gliedereinrenkung 26 Gnomon 156 ² . 157 ff.; vgl. 16 ¹ Gnomonik 188 Gnomoniker (= Uhrma- cher) 177 Goethe 25 Goldfärbung des Kupfers 142 Goldlegierung 141 f. Goldmacherbücher 139 Goldmacherkunst 139 ff. Goldschmiede 150 Goldtinte 142 Goldwerkstätten 150 <i>γόμπος</i> 44 Gong 224 Gorgo 220 f. Gorgopissee 79 Gradspanner 97 Granat 145 Greenhill, Sir George 60	161 Grundmaß 19 ff. <i>grus</i> (<i>γέρανος, νόραξ</i>) 312 Gui, Joh., aus Metz 113 Guilelmus Alvernus 229 Gundibald v. Burgund 212 ² Gutenberg 119
G.		H.
Galen 27 Galle 142 Galmei 141 Gastraphetes 22 ff. 96 ff.		Haare (als Spannnerven) 166 Habrecht 231 Habryllis, Poliaspriesterin 45. 48. 50 Haeckel 12 Halys, Schlacht am 4 Handbogen 22 f. 22 ² Handsiphone 111 Handwerker 26. 149 Harmonie 13. 24; der Sphären 24; der Inter- valle 24 Harpalos 4 ff. 30 ¹ Harun al Raschid 228 Hebdomadentheorie siehe Heptas, Siebenzahl Hebelgeschütze 100 Hefe 143 Heiberg, Sospitator Archi- medis 33 Hekataios von Milet 12. 14 ⁴ — v. Abdera 17 ² Helepolis (Kriegsmaschi- ne) in Byzanz 30 ¹ Helios (an Uhren) 175. 221 Heliotrop (Gauß) 37 <i>ἡλιοτρόπιον</i> (Sonnenwar- te) 6 ¹ . 160 Heliozentrisches System 164

- Helium 132
 Hellbrunn, Wasserkünste 57. 64
 Heller b. Dresden 103
 Hellespontos 4. 30¹
 Hemicyclium excavatum 168
 Hemisphaerium 164
 Henoeh, Buch 125 ff.
 Hephaistos 55. 79
 Heptas 25 ff.
 Hera 8. (Thalamos b. Homer) 55
 Herakleia a. Latmos 177
 Herakleidas, General d. Dionysios II. 75
 —, Biograph des Archimedes 35¹
 Herakleitos 6¹. 8. 14
 Herakles 94. 219 ff.
 Heratempel in Samos 8 f.
 Herculeaneum 175
 Ἡρακλεῖα τῆς ζωγραφικῆς 17²
 Hermes, Hermetische Schriften 130
 Hermesberg 79
 Herodot I 74: 3; I 75: 4; II 109: 157; III 60: 9; IV 87 f.: 6; VII 34: 4; VII 182: 78; IX 3: 77; IX 21: 4²
 Heron v. Alexandria 11. 22 ff. 27. 32. 57 ff. 150
 Heronsball 58
 Herophilos, Arzt 27. 77
 Hesiodos 3. 43
 Hesperiden 225
 Hexagramm der Tempel 8
 Hieron von Syrakus (269 — 214) 35¹; Krone 35; Schiff 34
 Hiller v. Gärtringen 53¹
 Himilko 20
 Himmelskarte des Anaximander 12
 Himmelskunde des Anaximander 13 ff. 157; des Pythagoras 14
 ἡπάρσεις in Olympia 30¹
 Hipparchos, Astronom 28. 188
 Hippodamos aus Milet 15 ff.
 Hippokrates De prisca medicina 26 f.
 Hippokratische Kliniken 26
 Hippokratische Schrift De hebdomadibus 25; Epidemien 159¹
 Hippokratisches Corpus 26
 Hippolyte 225
 Hippolytos Ref. 151; IV 28: 147⁴
 Hochwacht (Schweiz) 77
 Hodometer 64 ff.
 Holmiensis papyrus 140 ff.
 Homburg, Saalburgmuseum 22. 92 ff.
 Hon. er 2 ff. 71; Ilias 4, 105: 94⁵; 6, 155: 71; 14, 165 ff.: 55¹; 18, 211: 77; Odyssee 1, 436 ff.: 42 ff.; 8, 438 ff.: 51; 21, 5 ff.: 47 ff.; Nostoi 77
 Homerische Türe 42 ff.
 ὥρα (Stunde) 29. 158
 Horatius Oul. I 28: 33
 Horizontaluhren 179
 horologium hibernum sive anaphoricum 214;
 ὠρολόγιον νυκτερινόν Platons 29. 198
 horror vacui Stratoms 27
 Hosthanes s. Osthanes
 ὕδωρ θεῖον 133
 Hydraulik 202
 Hygiene der Städte 15
 Hypsikles, Ἀναφορικὸς 214³
 I. (J).
 Jacobi (Homburg) 53
 Jäger 95¹. 96
 Jahreslänge, Beobachtung d. Archimedes 34
 Jai Singk II. 156²
 Iamblichos Vit. Ptth. 267: 23³
 Iasionum (Abdera) 188
 Iasos 195
 Jaypur 156²
 Ida 6¹. 79 f.
 ἡγεσία der Hippokratiker 26
 ignis volatilis 109
 Ikaros 42
 Imüth des Zosimos 130
 Industrie in Ägypten und Rom 150 f.
 Ingenieur, Etymologie 93³; Kriessing. 20
 ingenium = Maschine 93³
 Intervalle, musikalische 12
 Iobates 71
 Ionien 3 ff.
 Irradiation 87
 Irrationelle, das 15
 Isis (Chemikerin) 143
 Italien 20
 Italische Schule (Pythagoras) 15
 Ithaka 72
 Juden 93
 Julius Africanus Κεστοί c. 77: 88
 Justinian 107

K.	Konarachne 174	Leiden, Papyrus chemica 140
Kalender 5	Konische Sonnenuhren 174	Lemnos 79f.
Kaliber 19 ff. 103	Kopernikus 119. 164	Leo der Taktiker 109
Kallimachos Arsinoe 80;	κόραξ (Mauerbrecher) 31 ²	Leonardo da Vinci 17.
Begründer d. Literatur-	Kossyra 84	68. 108. 114 ff. 202
geschichte 204	Kran des Archimedes 36;	Le Puy, Relief 95
Kallinikos aus Heliopolis	des Diades 31 ²	Leuchttürme 77
108	Krankheit (Alkmaion) 25	λεύκωσις 123. 142
Kanon Polyklets 17;	Krapp 145	Lille 88
ägyptischer 17 ¹ ; by-	Kriegsmaschinen 18. 91 ff.	Lineal 17 ff.
zantinischer 17 ¹	Kriegsschriftsteller 18 ff.	λίθος τῆς φιλοσοφίας 133
Kanone 111 ff.; hölzerne	91	Lötrohr 154
113 ²	κρίμνος (Körnerlack) 146	Löwe des Herakles 221.
Kaphereus 62	κρίος ὑπότροχος 31 ²	225
καρχηδόνιος (Rubin) 145	Kreuzzüge 99	Log der Schiffe 68
Karl d. Große 228	Kroisos 4	Logos Heraklits 14
Karl V. (von Frankreich)	Kroton 25	Luftgewehre 106
230	Ktesias 10 ¹	Luftpumpe 106
Karthager 84	Ktesibios 27. 32. 58. 66.	Luftspanner 106
Katapulte (καταπάλται,	106. 198. 203 ¹ . 224	Lukian, Alexandros 151
καταπέλται) 22 ff. 97 ff.	Kugeln der antiken Ge-	Lukrez V 662: 6 ¹
Kegelschnitte 36	schütze 93	Lusoi, Artemistempel 45
Keilspanner 101	Kuhmilch 144	Lydius lapis 142 ¹
Kepler 119	Kunst = Maschine 93 ³	λυσιπόλεμος (Kriegsma-
Kermes (κόκκος) 146	Kunstschloß 52 ff.	schine) 30 ¹
Kinderklapper d. Archy-	Kupfer 142 ff.; Verbin-	Lysippos 17 ¹ . 18 ¹
tas 21	dungen 145	
Kike 52	Kyphi 150	M.
Kithairon 79	κύρβεις Solons 43 ⁸ . 44 ¹	Madfaa der Araber 111 ¹
κλειδιά κρυπτά 52 ²	Kyrrhos (Syrien) 172 ¹	Magie 130. 152
κλήις κρυπτή 55		Magische Schriften 149 ⁸
Kleostratos 4 f.	L.	Makistos 79
Kleoxenos 85	Laboratorien, ägyptische	Mandrokles aus Samos 6
Klepsydra 28. 84. 157 ff.	149 ff.	Manganik 99
162. 192. 197 ff. 228	Labyrinth (Kreta) 42	manuballista 95 ¹
Klima (geogr. Breite)	Lack 128 ⁸ . 145 f.	Mappae clavicula 128 ⁸ .
187 f.	Lager, römisches 16	134. 151
Klytaimnestra 79	Lakonischer Schlüssel	Marcellus 36. 113 ²
κνώδαξ 44 ¹	52 ff.	— Mediziner 137
Knoten (Türverschluß) 51	Laonikos Chalcondyles	Marcus Graecus 109 ff.
Köchly 91	112 ⁴	134
Körnerlack 146	Laterculi Alexandrini 30	Mardonios 77
κόκκος 146	Lavoisier 153	Maria (Chemikerin) 134 ¹

- Mariano, Jacopo 116³
 Marienbad 134¹
 Marienglas 143
 Marzabotto 16¹
 Maschinen, chirurgische 26; Kriegsm. 18. 98 ff.; soziale Bedeutung 32. 40 f.
 Maschinengewehr 104 f.
massa (μάζα) 143
 Mathematik mechanisiert 18; Pythagoreer 14 ff.
 Mauernbohrer 31²
 Mechanik 188; d. Archytas 21; der Ärzte 27; der alex. Astronomen 28; d. Archimedes 33 ff.
 Medizin als Technik 26
 Megara 12
 Mehrlader 104 f.
 Menander 159
 Menologium Vallense 171
 Meridian 157 ff. 165. 175³. 180. 224
 Messaperberg 79
 Messing 142
 Metae (an Spieluhren) 211
 Metallfälschung 142 ff.
 Metallfedern 104
 Metallvermehrung 142
 Meton 4 f. 16. 160
μέτρον bei Heraklit 14
 Milet 3 ff. 5. 12. 23
Miliarium (Badeofen) 60
 Minenwerfer 100. 104
 Mitrailleuse, antike 104
 Mittagslinie s. Meridian
 Modul 19
 Möbius, P. J. 25
 Monankon 98
 Mond 155 f.
 Motye, Belagerung 20
 Musik, Intervalle 14. 24
 Mutina, Belagerung 76
 Mykene 80; Kultur 2. 42
 Mystiker 137
 N.
 Nachttag 158
 Nachtuhr Platons 29. 198
 Nachwachsen der Steine 143²
 Nadeltelegraph 37
 Naphtha 110 Anm.
 Napoleon III. 91
 Naturwissenschaft, griechische 3
 Nauplios 62. 77
 Nechepso 130. 131. 137 f.
 Nervenbündel 98 ff.
 Netzwerk der Sonnenuhren 162 f. 168
 Neusilber 142 ff. 146. 148
 Niello 151
 Nigidius Figulus 138. 147
 Noah 76
 Nostoi, hom. Epos 77
 Notstal 113¹
νυκτερινὸν ὥρολόγιον 29. 198
 Numantia 93
 O.
 Observatorium auf d. Ida 5 f.
ὄχλος (Riegel) 48 ff.
 Odysseus 95
 Oinopides 160
 Okkultismus 135 f.
 Oktaëteris 4
 Olympia 76; Rennbahn 30¹
 Olympiodoros 132
 Onager 98
 Opferstock 69
 Orgel (mus. Instr.) 33. 199. 203; (Mehrlader) 105¹
 Orientierung der Straßen 16
 Orolei (= *horologium*) 229
 Orseille 145
 Orti Palombara (Rom) 168 f.
 Osthanes (Hosthanes) 127 ff. 131. 134¹. 136 f.
 Ostwald, W. 12
 Ovarium (Rennbahn) 184
 P.
 Pacificus, Irenaeus 228
 Pädagogik, eine Kunst 38 f.
παιδεία βάναντος 38
 Palamedes 62. 77
 Palintonon 97 ff.
 Palladius 160
 Pallavicini, Villa bei Pegli 57
 Palmenlineal als Zeitmesser 156²
 Pammenes 134¹
 Pan 225
 Pandaros 86
 Papins Digestor 60²
 Papyri chemicae 134. 139 ff.
 Parapegma (Steckkalender) 5
 Parfümspritze 58
 Paris 88
 Parmenides 43 ff. 55². 132
 Parmenio 187 f.
 Patrokles 179
 Paul I., Papst 228
 Pegli, Villa Pallavicini 57
 Pelekinonuhr 179
 Penteren 20
 Pergamon, Altar 93; Zwillingssuhr 165
 Perikles 15. 160
περιρραπτήριον 69

- Peritreton 102f.
 Perlen 126². 135. 140.
 143
περόνη 44¹
 Perser 77. 79
 Perserkrieg 78
 Petosiris 130
 Petrarca 113²
 Petronius 26, 9: 226¹
 Pfeile 22. 101
 Pfeilgeschütze 101
 Pfeilspitzen 93
 Phaidros, Zoili 173
 Pharetra-Uhren 174
 Pheidias, Bildhauer 31
 —, Vater des Archimedes
 34
 Pherekrates der Komiker
 76
 Philipp v. Makedonien 77
 Philistos 19
 Philoktet 95
 Philolaos 24f.
 Pilon Mech. 18f. 27.
 91 ff. 203
 Philosophen mosaik 161
 Philotera 80
 Philumenos 60²
 Phimenas 134¹
 Phönikische Schrift 71
 — Geheimschrift 75
φοινιξ ἀστρολογίας 156²
 Physiologie des Erasistra-
 tos 27
 Pipelart, Pierre 230
 Pippin 228
 Piräus 15
 Planetarium des Archi-
 medes 34
 Plastik u. Mathematik 17
 Platon, Akademie 161;
 der. Erzieher 38; Ver-
 wandlung d. Elemente
 132; Erfinder d. Nacht-
 uhr 29. 161. 198 ff.;
 gegen Mechanisierung
 der Mathematik 35¹;
 Gesetze 16¹. 38f.
 Plejaden 170. 173
 Plinius d. ältere 85¹. 151;
 N. H. 7, 198: 55²;
 18, 188: 196; 30, 8:
 135¹; 32, 141: 145;
 33, 131: 151; 35, 175:
 147; 36, 125: 143²;
 37, 197: 129²
 — Quellen 129². 151
 Plutarch de Is. et Os. 80:
 148; Perikl. 27; 20²;
 Marc. 14: 35
 Pneumatik 21
 Polhöhe 163
 Poliorketiker 93ff.
 Polituko (Cypern) 54
 Pollis 18
 Polos 157¹
 Polyainos 6, 16: 84
 Polybios 10, 44: 81 ff.;
 10, 45: 85
 Polybolon 19. 104
 Polyeydos 30
 Polykleitos von Argos
 17f.
 Polykrates von Samos
 8 ff. 55
 Pompeji 16. 154. 170. 175.
 181; Schlüssel 56
 Portici 191
 Poseidon 172f.
 Poseidonios 119. 127. 129
 Priene 15
 Priester, ägyptische 69.
 149ff.
 Priesterinnen (Tempel-
 schlüssel) 45f.
 Probierestein 142²
 Projektion 162¹
 Proitos 71
 Prokopios von Gaza 33.
 219ff
 Promotus, Aelius 136
 Proportion 13 ff. 24
 Pseudoclement. Homil. 8,
 12: 126²
 Pseudodemokrit (Bolos)
 126 ff.
 Ptolemaios (Philadel-
 phos?) 177
 Pulver 108 ff.
 Punktiersystem 74f.
 Purpurfärberei 135. 140ff.
 Purpursurrogate 145f.
πῦρ ὀγρόν, Ῥωμαϊκόν,
θαλάσσιον, σκευαστόν
 = griechisches Feuer
 108 ff.
πύργος φορητός (Diades)
 31²
πυρσοί 77²
 Pythagoras 8. 11 ff. 16¹.
 23. 26
 Pythagoreer, Katalog 23;
 Somnia Pythagorea
 119; Sekte 17¹. 21 ff.;
 Mathematik 24; Neu-
 pythagoreer 138
- Q.
- Quadrate, kleinste 37
 Quadratur des Zirkels 15
 Quecksilber 141. 149;
 Quecksilbervergoldung
 142
- R.
- Radium 132
 Räderdampfschiffe 68
 Rakete 109; Raketenma-
 schine 117
ratio 15 ff.
 Rationalismus 15 ff. 24
 Reffye, de, General 92

Regelmäßigkeit, mathe- matische 14 ff.	antrieb 107; Wegmesser 67; Schiffsbaukunst 20	Selbstfahrer 107
Reinhardt, Rob. 8	Schiffsbrücken 4 ff.	Semiramis 10
Reiseuhren 185 ff.	Schillers „Künstler“ 14	Serapeum 188
Relais 202	Schinken v. Portici (Reise- uhr) 191	Siebenzahl 25 ff. 30
Rhodos 15. 30 ¹	Schlaguhren 211. 224	Signal 76; optisches 88
Rhoikos v. Samos 8. 17 ²	Schleuder 98	Signaltelegraph 81 ff.
Riegel d. Türe 48 ff.	Schliemann 42	Silber, Silberrezepte 140 ff.
Riemen beim Türver- schluß 50	Schloß, antike Verschlus- einrichtungen 40 ff.	Siphon 58; Leons 109
Riesenschleuder 89	Schlüssel 45 ff.	Sizilien 20. 75. 84 f.; Si- zilische Ärteschule 26
Römer 76. 107	Schlüsselbein 47	Skaphe-Uhr 163 ff.
Roland bei Ariost 118	Schmidt, Max 100 ¹	Skiathos 79
Rom 165. 175 ² . 182. 189	—, Wilh. 58 ¹	Sklaverei 32
Rost, Alexander 119 ²	Schneider, Rud. 92	σκορπίδιον 95 ¹
Rubin 145	Schöllkraut 145	Skytale 72
Rüstow 91	Schönheit, Definition 13	Skythischer Bogen 21 ⁸
	Schokoladeautomat 68	Smaragd 129. 145
	Schramm, Dr., General 18 ² . 22. 81 ¹ . 92 ff.	Sömmering 88
	Schraube, Archimedische 34	Solon, Elegie fr. 27 B. 25; ἄξωνες 43 f.
	Schreibtafel 72	Sonnenfinsternis des Tha- les 3 ¹
	Schrift, Erfindung 71; phönikische 71. 75	Sonnenjahr 5. 156
	Schulten 93	Sonnenuhr 156 ² . 160 ff.
	Schutzdächer 20 ⁸	Sonnenwarte 160
	Schwalbenschwanz (Nute, Feder) 96 f.; Sonnen- uhr 170. 179	Sonnenwenden 157 ff.
	Schwarz, Berthold 113. 119 ²	Sophistik, Technik der Erziehung 38
	Schwefeldämpfe 147; Schwefelverbindungen 142	Spannerven der Geschütze 19. 98 ff.
	Schweiz, Hochwacht 77	Spannung des Bogens 95; der Geschütze 98 ff.
	Schwilge 231	Sparta 72
	Scipio, P. Cornelius Afri- canus minor 93	Speckart 205
	scorpio 95 ¹	Sphären Anaximanders 13
	Scribonius 137	Spieluhren 211
	Schnen 103	Spinne (Sonnenuhr) 160 ⁴ . 168
	Seilenos 95 ¹	Spinnenberg 80
		Spirale (Archimedes) 30
		Spondeion 68 ⁸
		Springgolf 113
		Staatslaboratorien 150 ff.

S.

Saalburg 22. 92 ff.
Safran 142
Salamis, Schlacht 77
Salpeter 109 ff.
Salzburg (Iuvavum), Uhr
213 ff.
Samos 6 ff.; Heratempel
6. 8; Belagerung 20⁸
Samraj 156²
σάραδος 124
Saronischer Golf 80
Sarosformel 3¹
Satyrn 225
Scaliger, Jul. Caesar 231
Schaltzyklus 5
Scharlach 145
Schattenfänger (σμιόθη-
ρον) 157¹
Schattenlänge als Zeit-
messer 28. 159
Schattenzeiger 157 ff.
Schießpulver 1. 8 ff.
Schiff des Hieron 34
Schiffe mit Maschinen-

- Staatsverfassung des Hipodamos 15
 Stangenbüchse 114
 Start in Olympia 30¹
 Steckkalender 5
 Stein der Weisen 133
 Steinheil 88
 Steinkugel 93 ff.
 Sternaufgänge 5
 Sternbeobachtung 28
 Stockholm, Papyrus chemica 140 ff.
στοιχείον 159²
 Stolberg, Fr. Leop. 77
 Strabon (bei Plinius) 85¹
 Straßburg (Kunstuhr) 230
 Straßen, Rechtwinkligkeit 15 f.
 Straton (Peripatetiker) 27, 203
 Stundeneinteilung 158 ff. 162
 Styppax (Ingenieur) 30¹
 Sumerier 71
 Swoboda, H. 25
 Symmetrie 14 ff. 18
 Syrakus 20³. 94. 160; Belagerung 33. 36. 114. 116; Syrakusanische Münzen 21
- T.**
- Tabasisstein 144
 Tacape (heute Gabes, Nordafrika) 196
 Tanagräerin (Taf. VII) 71
 Tarent (Archytas) 21
 Taschenspielerkunststücke 125 f. 147
 Taschenwasseruhr 27. 77
 Taube, Briefpost 76
 —, fliegende des Archytas 21
 Taucheranzüge 107
- Taurosthenes aus Ägina 76
 Taxameter 64 ff.
 Technik, antike 40 f.; des Unterrichts 38
 Techniten 149; verachtet 29 ff. 40 f.
 Telegraphie, antike 71 ff.; moderne 37; optische 88; elektrische 88
 Telekles von Samos 17²
 Telemachos 42. 51
 Tempel, Symmetrie 8 ff.; Tempelschlüssel 45 ff.
 Tempelindustrie in Ägypten 150
 Tenedos 4 f.
 Tenos 172
terebra (*τρύπανον*) des Diades 31²
 Testament, altes: Genes. c. 6; 125; Jes. 38, 7: 156²; Chron. II 26, 15: 93; 2. Kön. 20, 9 ff.: 156²; Neh. 4, 7: 94¹; Septuaginta 123
 Tetraktys 26
τεράκιον (Kriegsmaschine) 30¹
 Tetreren 20
 Thaddaeus Florentinus 153¹
 Thairoi 43
 Thales 3 ff. 8. 13. 132
 Theagenes v. Megara 11 f.
θειον ὕδωρ 133
 Themistagoras v. Alexandria 177
 Theoderich d. Gr. 212
 Theodoros von Samos 8. 17². 55
 Theodosios 188
 Theophilus 160³
 Theophrast 127; de lap. 36: 142
- Theosebeia (Zosimos) 130
 Theosophie 130
 Thera (Schloß) 53¹; (The-sauros) 68³
 Thesauros (Opferkasten) 68³
 Theseion in Athen 8
 Thurioi 15
 Tiersehne 103 ff.
 Timaios 20
 Titul der jüngere 229
 Tonsystem 24
 Torsionsgeschütze 98 ff.
 Tragantgummi 143
 Trajanssäule 93
 Trieren 20
 Troja 80
τρύπανον d. Diades (*terebra*) 31²
 Türen, antike 40 ff.
 Türschuh 44
 Tunnel in Samos 9 ff.; in Babylon 10
 Turm d. Winde, Athen 172
 Tyros, Belagerung 30¹. 31
- U.**
- Uhrwerke, antike 27 ff. 155 ff.; Nachtuhr Platons 29. 198 ff.; Wächteruhr des Aeneas 195
 Uhrwärter 208¹. 217 f.
 Unendliche, das, Anaximanders 13
 Upsala 140
 Urdonnerer des Archimedes 115
 Uriasbrief 71
 Usia, König 93
- V.**
- Varro d. r. rust. III 17 173
 Vegelin von Clärberg 88

Vegetius d. r. mil. II 15: 95 ¹ ; III 5: 88; IV 22: 95 ¹	Wasserkünste 57	X.
Venedig, Chiffresystem 76	Wasserleitung in Samos 9 ff.; in Megara 11 f.	Xanthos der Lyder 3
Verdoppelung der Metalle 142	Wassermühle 32	Xenophanes 3. 6 ¹
Verdreifachung der Me- talle 142	Wasserorgel 33. 199. 203	Xerxes 4. 29. 30 ¹ . 77
Vergoldung 142	Wassertelegraph 81.	Y.
Verkaufsautomat 68	Wasseruhr 83 ² . 204 ff.	Yung-lo, Kaiser 113
Vermehrung der Metalle 142	Wasserwart 194. 208 ¹	Z.
Verona 228	Weber, Wilh. 88	Zahl 19 ff. 23; Zahl π bei Hesiod 43 ² ; bei Archi- medes 36; s. Dreizahl, Vierzahl, Siebenzahl, Zehnzahl
Vierrad 30 ¹	Weckeruhr Platons 29. 198 ff.	Zahlentheorie 8
Vierzahl 26	Wegmesser 64 ff.	Zauberbeschwörungen 139
Vigilien 195	Weihwasserautomat 69	Zauberbuch 147
Vitriol 145	Weihwasserbecken 69	Zauberei 147
Vitruvius de archit. I 1, 17: 24 ² ; I 1, 2: 37; I 1, 8: 24 ² ; I 3, 1: 188 ² ; I 6, 2: 58 ⁴ ; I 6, 4: 173; VII 14: 18. 22 ¹ ; IX 8, 1 ff.: 160 ⁴ . 164 ff. 168. 204 ff. 211; X 9, 1—7: 66 f.; X 13, 3: 31 ²	Weißung (<i>λευκωσις</i>) 123. 142	Zauberknotten 51 f.
Volkenstein, David 231	Wellmann, M. 136	Zehnzahl 17
W.	Weltkarte des Anaximan- der 12	Zeigeruhr 210
Wachs 143	Weltwunder 30	Zeißscher Signalapparat 89
Wächteruhr 195	Wendekreise 163 ff. 170	Zeitmessung 155; durch die Schattenlänge 28. 159
Waid 145	Wescher 92	Zephyrwehen 170
Wage 154	Widder (karthag. Erfin- dung) 20 ² ; (des Dia- des) 31	Zeus 79
Wagen (Achsen) 43; Wa- genbau bei Hesiod 43	Wieck, Heinr. von 230	Zinn 142 ff.
Wallis (Bewässerung) 197	Wiegand, Theod. 8 f.	Zirkel, Quadratur 13
Walther von Milemete 110 Anm.	Wiesbaden 182	Zodiakus 169. 209. 215
Wasser, heiliges, der Al- chemisten 133	Wildesel 98	Zopyros aus Tarent 23 f. 97
	Wilhelm, Abt v. Hirsau 229	Zoroaster 127
	—, Bischof v. Paris 111	Zosimos von Panopolis 122 ff. 130
	Windbüchse 106	Zwillingsuhr von Perga- mon 165 ff.
	Winteruhr 214	
	Wolff, Odilo 8	
	Wurfgeschütze d. Archi- medes 36	
	Wurfmaschinen 19. 97 ff.	

Technologie und Terminologie der Gewerbe und Künste bei Griechen und Römern. Von H. Blümner. 4 Bände. Mit zahlreichen Abbildungen. Band I. 2., umgearbeitete Auflage. G.h. M. 14.—, geb. M. 17.—

Inhalt: I. Die Bereitung des Brotes. II. Die Verarbeitung der Gespinnstfasern: 1. Verarbeitung der Schafwolle; 2. Die Verarbeitung der übrigen Gespinnstfasern. III. Nähen, Sticken, Filzen. IV. Die Färberei. V. Die Verarbeitung der Tierhäute. VI. Die Fabrikation geflochtener Waren. VII. Die Fabrikation des Papiers und Schreibmaterials. VIII. Die Fabrikation der Öle und Salben. IX. Die Arbeit in Ton, Wachs und anderen Stoffen: 1. Die Verarbeitung des Tones; 2. Die Verarbeitung anderer weicher Stoffe. X. Die Arbeit in harten Stoffen. XI. Die Verarbeitung des Holzes. XII. Arbeiten in Horn, Knochen, Elfenbein, Schildpatt u. a. XIII. Die Arbeit in Stein. XIV. Die Metallarbeit: 1. Die in Kunst und Gewerbe der Alten verwandten Metalle; 2. Die Gewinnung und Aufbereitung der Metalle; 3. Die Verarbeitung der Metalle. XV. Die Fabrikation des Glases. XVI. Die Malerei

Außerdem sind erschienen: Band III. Geh. M. 10.80. Band IV. 1. Abt. Geh. M. 10.80. 2. Abt. Geb. M. 7.20

Naturwissenschaften, Mathematik und Medizin im klassischen Altertum. Von J. L. Heiberg. Mit 2 Figuren. (ANuG Bd. 370.) Kart. M. 1.75, geb. M. 2.15.

„Es ist sehr zu begrüßen, daß durch eine in großen Zügen gehaltene Darstellung einem weiteren Leserkreis vor Augen geführt wird, welche wissenschaftliche Leistungen sich das klassische Altertum auf den Gebieten der Mathematik, Physik, Astronomie, Geographie, der Naturwissenschaften und der Medizin zu rühmen vermag.“ (Monatshefte für Mathematik und Physik.)

Einleitung in die Altertumswissenschaft. Unter Mitwirkung von J. Beloch, E. Bethe, E. Bickel, J. L. Heiberg, B. Keil, E. Kornemann, P. Kretschmer, C. F. Lehmann-Haupt, K. J. Neumann, E. Pernice, P. Wendland, S. Wide, F. Winter herausgegeben von Alfred Gercke und Eduard Norden.

I. Band. 1. Methodik (A. Gercke). 2. Sprache (P. Kretschmer). 3. Antike Metrik (E. Bickel). 4. Griechische und römische Literatur (E. Bethe, F. Wendland, E. Norden). 2. Aufl. Geh. M. 13.—, geb. M. 15.—

II. Band. 1. Griechisches und römisches Privatleben (E. Pernice). 2. Griechische Kunst (F. Winter). 3. Griechische und römische Religion (S. Wide). 4. Geschichte der Philosophie (A. Gercke). 5. Exakte Wissenschaften und Medizin (J. L. Heiberg). 2. Aufl. Geh. M. 9.—, geb. M. 10.50.

III. Band. 1. Griechische Geschichte bis zur Schlacht bei Chaironeia (C. F. Lehmann-Haupt). 2. Griechische Geschichte seit Alexander (K. J. Beloch). 3. Römische Geschichte bis zum Ende der Republik (K. J. Beloch). 4. Die römische Kaiserzeit (E. Kornemann). 5. Griechische Staatsaltertümer (B. Keil). 6. Römische Staatsaltertümer (K. J. Neumann). 2. Aufl. Geh. M. 10.—, geb. M. 12.—

Bei Bezug aller drei Bände ermäßigt sich der Preis auf M. 28.— (geh.) und auf M. 32.— (geb.)

„Diese Einleitung in die Altertumswissenschaft ist eine ausgezeichnete Leistung, und die überwiegende Mehrzahl der Beiträge steht vollkommen auf der Höhe ihrer Aufgabe, indem sie nicht nur dem Anfänger eine gründliche Einführung in Methode und Wissensstand der einzelnen Disziplinen geben, sondern an vielen Punkten auch ihrerseits die Forschung selbständig weiterführen und um wesentliche Ergebnisse bereichern.“ (Neue Jahrbücher.)

Fr. Lübkers Reallexikon des klassischen Altertums. 8. Aufl. in vollständiger Neubearbeitung herausg. von J. Geffcken und E. Ziebarth. In Verbindung mit B. A. Müller und unter Mitwirkung von E. Hoppe, W. Liebenam, E. Pernice, M. Wellmann u. a. Mit 8 Plänen. Geh. M. 26.—, geb. M. 29.—. Ausgabe mit Schreibpapier durchsch. in 2 Bänden geh. M. 32.—, geb. M. 37.—

Auf sämtliche Preise Teuerungszuschläge des Verlages und der Buchhandlungen

Verlag von B. G. Teubner in Leipzig und Berlin

Vom Altertum zur Gegenwart. Die Kulturzusammenhänge in den Hauptepochen u. auf den Hauptgebieten. Skizzen von: F. Boll, A. Curtius, A. Dopsch, E. Fraenkel, E. Goldbeck, W. Goetz, P. Hensel, K. Holl, J. Ilberg, W. Jaeger, H. Lietmann, E. von Lippmann, A. von Martin, Ed. Meyer, L. Mitteis, C. Müller, E. Norden, J. Partsch, Freiburg i. Br., J. Partsch, Leipzig, A. Rehm, G. Roethe, Wilh. Schulze, E. Spranger, H. Stadler, M. Wundt, J. Ziehen. Geh. M. 9.—, geb. M. 10.50.

Inhalt: I. Einleitung. Der Humanismus als Tradition und Erlebnis. II. Die Zusammenhänge im allgemeinen: 1. Der Übergang von der Antike zum Mittelalter. 2. Die Antike im Mittelalter und in der Renaissance. 3. Der Neuhumanismus. 4. Das 19. Jahrhundert. III. Die Zusammenhänge auf den einzelnen Gebieten: 1. Staat und Wirtschaft. 2. Recht. 3. Erziehung. 4. Sprachwissenschaft. 5. Geschichte. 6. Literatur. 7. Kunst. 8. Religion. 9. Philosophie u. Weltanschauung. 10. Mathematik. 11. Weltbild und Physik. 12. Geographie. 13. Biologie. 14. Astronomie. 15. Chemie. 16. Medizin. 17. Technik. IV. Urform und Übersetzung in ihrer Bedeutung für den Humanismus.

Weit über die Kreise der Geschichts- und Altertumsforscher hinaus wird das Buch das Interesse aller auf den verschiedenen Kulturgebieten Tätigen finden und sie sich der großen Gemeinschaft bewußt werden lassen, die sie in der Gegenwart untereinander und mit der Arbeit vergangener Jahrhunderte und Jahrtausende verbindet.

Staat und Gesellschaft der Griechen und Römer. Von Ulrich v. Wilamowitz-Moellendorf und J. Kromayer. (Die Kultur der Gegenwart, hrsg. von P. Hinneberg. Teil II, Abt. 4, 1.) [2. Aufl. unter der Presse 1920.]

Inhalt: I. Staat und Gesellschaft der Griechen u. v. Wilamowitz-Moellendorf. — II. Staat und Gesellschaft der Römer: J. Kromayer.

„...Geradezu eine neue, unbedingt exakte Kulturgeschichte der Griechen. Neben Recht, Gesetz, Verfassung werden Priesterwesen, Ehegebräuche, sittliche Verhältnisse, Landwirtschaft, Industrie, Schifffahrt, Münze, Heereswesen usw. lichtvoll geschildert, alles knapp und kurz und doch nicht in Lexikoton. Dabei erhebt sich die Auffassung in echt philosophischer Weise von dem eindringlich betrachteten Einzelnen zum Allgemeinen.“ (Zeitschr. f. Philos.)

Geschichte des Hellenismus. Von J. Kaerst. 3 Bände. I. Band: Die Grundlegung des Hellenismus. Geh. M. 16.—, geb. M. 20.— II. Band, 1. Hälfte: Das Wesen des Hellenismus. [2. Aufl. unter der Presse 1920. Bd. II, 2 u. III i. Vorb.]

„Der Verf. tritt uns hier als vornehmer Darsteller und streng sachlicher Kritiker abweichender Anschauungen entgegen. Sein Buch wird erstens Lesern, Forschern wie Laien vielfache Förderung und Anregung bringen.“ (Mitt. d. Instituts f. österr. Geschichtsforsch.)

Grundriß der Geschichte der klassischen Philologie. Von Alfred Gudeman. 2., vermehrte Aufl. Geh. M. 4.40, geb. M. 6.—

„Das Buch ist als Leitfaden zum Selbststudium wie als Grundlage für Vorlesungen gleich geeignet. Auch der römische Teil kommt voll zu seinem Recht, und wer rasch Belehrung über die alten Grammatiker, die Überlieferung, Handschriften, Scholien und die kritische Behandlung der römischen Schriftsteller, über Leben und Tätigkeit der hervorragenden Philologen der Vergangenheit sucht, wird reiche Anregung und genaue Anweisung zu tiefgreifender Einzelforschung mitnehmen. Gerade dem Anfänger wird das Buch unschätzbare Dienste leisten.“ (Jahresbericht über die Fortschritte der romanischen Philologie.)

Die griechische u. lateinische Literatur u. Sprache. (Die Kultur der Gegenwart, hrsg. von P. Hinneberg. Teil I, Abt. 8.) 3. Aufl. Geh. M. 12.—, geb. M. 14.—, in Halbfranz geb. M. 20.—

Inhalt: I. Die griechische Literatur und Sprache. Die griechische Literatur des Altertums: U. v. Wilamowitz-Moellendorf. — Die griechische Literatur des Mittelalters: K. Krumbacher. — Die griechische Sprache: J. Wackernagel. — II. Die lateinische Literatur und Sprache. Die röm. Literatur des Altertums: Fr. Leo. — Die latein. Literatur im Übergang vom Altertum zum Mittelalter: E. Norden. — Die lateinische Sprache: F. Skutsch.

Auf sämtliche Preise Teuerungszuschläge des Verlages und der Buchhandlungen.

Verlag von B. G. Teubner in Leipzig und Berlin

W.S. Teuffels Geschichte der römischen Literatur. 6. Auflage; neu bearbeitet unter Mitwirkung von E. Klostermann, R. Leonhard und P. Wessner von W. Kroll und Fr. Skutsch. 3 Bände.

I. Band. Die Literatur der Republik. Geh. M. 8.—, geb. M. 10.20.

II. Band. Vom Jahre 37 v. Chr. bis zum Jahre 96 n. Chr. 2. Aufl. [Unter der Presse 1920.]

III. Band. Vom Jahre 96 n. Chr. bis zum Ausgang des Altertums. Geh. M. 10.—, geb. M. 12.60.

„Die Arbeit war den besten Händen anvertraut; das sieht der Philologe an den Namen das lehrt jede Seite. Überall zeigt sich die bessernde Hand in Streichungen und Zusätzen Die Zahl der Belegstellen zwar hat sich wenig vermehrt; das Material hat nur selten zugenommen. Überall sind die letzten Forschungen hineingebracht.“ (Berliner phil. Wochenschr.)

Römische Charakterköpfe in Briefen. Vornehmlich aus Cäsarischer und Trajanischer Zeit. Von Carl Bardt. Mit 1 Karte. Geh. M. 9.—, geb. M. 10.—.

„... Bardt erschließt das Verständnis oft recht schwieriger Stücke, macht nach Charakterisierung der Lage der Briefschreiber geradezu gespannt auf die Dokumente und läßt so ein lebensvolles Bild der Zeiten und ihrer Männer sich vor unseren Augen entrollen. Männer, die für manche Leser nur Namen gewesen sind, gewinnen durch die sicheren Pinselstriche des Verfassers Fleisch und Blut.“ (Das humanistische Gymnasium.)

Charakterköpfe aus der antiken Literatur. Von Eduard Schwartz.

I. Reihe: 1. Hesiod und Pindar. 2. Thukydides und Euripides. 3. Sokrates und Plato. 4. Polybios und Poseidonios. 5. Cicero. 5. Aufl. II. Reihe: 1. Diogenes der Hund und Krates der Kyniker. 2. Epikur. 3. Theokrit. 4. Eratosthenes. 5. Paulus. 3. Aufl. Kart. je M. 3.50

Homer. Dichtung und Sage. Von Erich Bethe. In 3 Bänden. I. Band: Ilias. Geheftet M. 8.—, gebunden M. 11.—

„B.s Werk, reich an feinen Beobachtungen und scharfsinnigen Schlußfolgerungen, hat zum Verständnis der Ilias einen wichtigen Beitrag geliefert.“ (Deutsche Literaturzeitung.)

Die orientalischen Religionen im röm. Heidentum. Von Dr. F. Cumont. Autoris. deutsche Ausg. von G. Gehrich. 2. Aufl. Geh. M. 5.—, geb. M. 7.—

„Cumont, der verdienstvolle Erforscher des Mithraskultus, war auch ganz der Mann dazu, diesen prächtig orientierenden Einblick in das brodelnde Durcheinander des Geisteslebens im Zeitalter der Religionswende zu geben. Ein Buch, zu dem man gerne zurückgeht.“ (Straßb. Post.)

Die Mysterien des Mithra. Ein Beitrag zur Religionsgeschichte der römischen Kaiserzeit. Von F. Cumont. Autoris. dtsche Übersetz. v. G. Gehrich. Mit 9 Abb. i. T. u. auf 2 Taf., sowie 1 Karte. 3. Aufl. [U. d. Pr. 1920]

„Das Buch wird sicherlich die Einzelforschung noch lange anregen und wird auch dieser gelungenen Auszug zum historischen Verständnis religiöser Probleme beitragen.“ (Wochenschrift für klassische Philologie.)

Die hellenistischen Mysterienreligionen, ihre Grundgedanken und Wirkungen. Von R. Reitzenstein. 2. Auflage. [Unter der Presse 1920.]

„... Mit einer Fülle von Wissen ausgestattet, führt der Verfasser in diese reiche Welt der griechischen Mysterien und zeigt die Berührungspunkte zwischen hellenistischer Religion und hellenistischem Christentum. Die Welt des paulinischen Denkens und Sprechens erscheint wieder neu beleuchtet...“ (Christliche Freiheit.)

Kaiser Constantin und die christliche Kirche. Fünf Vorträge.

Von E. Schwartz. Geheftet M. 3.—, gebunden M. 4.40.

„... Der Verfasser hat sein Ziel erreicht: das geschichtliche Leben dieser Zeit als ein untrennbares Ganzes zu sehen, Politisches und Kirchliches, Heidnisches und Christliches in gleicher Schärfe zu erfassen. Das Buch ist ein Kunstwerk.“ (Hist. Vierteljahrsschrift.)

Auf sämtliche Preise Teuerungszuschläge des Verlages und der Buchhandlungen.

Verlag von B. G. Teubner in Leipzig und Berlin

Geschichte der Autobiographie. Von Prof. Dr. G. Misch. In 3 Bänden.

I. Band: Das Altertum. Geh. M. 8.—, in Halbfranz geb. M. 12.—

„Der Verf. zieht alle Formen heran, in denen sich die Äußerungen des menschlichen Innern bewegt haben: wie Gebet, Lyrik, Reichte, Brief, rhetorische Deklamation usw. und schenkt uns ein stattliches Stück einer Geschichte des Individualismus.“ (Berliner phil. Wochenschr.)

Das Erlebnis und die Dichtung. Lessing. Goethe. Novalis. Hölderlin. Von Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. W. Dilthey. 6. Aufl. Mit 1 Titelbild. Geh. M. 9.—, geb. M. 12.—

„Aus den tiefsten Blicken in die Psyche der Dichter, dem klaren Verständnis für die historischen Bestimmungen, in denen sie leben, kommt Dilthey zu einer Würdigung poetischen Schaffens, die jenseits aller Kritik und Literaturhistorie eine selbständig-freie Stellung einnimmt. Dies Buch muß wie eine Befreiungstat wirken.“ (Die Hilfe.)

Die Renaissance in Florenz und Rom. Von Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. K. Brandi. 5. Auflage. [Unter der Presse 1920.]

„Liebenswürdiger, anmutiger und lebensvoller als in diesem Buche könnte das Wiedererwachen der Geister aus den erstarrten Formen des Mittelalters zu einer zweiten Jugend, ihr unwiderstehlicher Zauber, ihre unvergängliche Schönheit schwerlich dargestellt werden.“ (Deutsche Rundschau.)

Elementargesetze der bildenden Kunst. Grundlagen einer praktischen Ästhetik von Prof. Dr. H. Cornelius. 3. Aufl. Mit zahlreichen Abbildungen und Tafeln. (Unter der Presse 1920.)

„Wir haben hier zum ersten Male eine zusammenfassende, an zahlreichen einfachen Beispielen erläuterte Darstellung der wesentlichsten Bedingungen, von denen namentlich die plastische Gestaltung in Architektur, Plastik u. Kunstgewerbe abhängt.“ (Ztschr. f. Ästhetik.)

Persönlichkeit und Weltanschauung. Psychologische Untersuchungen zu Religion, Kunst und Philosophie. Von Dr. R. Müller-Freienfels. Mit Abbildungen im Text und auf 5 Tafeln. Geh. M. 6.—, geb. M. 9.—

Unter Benutzung des von den historischen Wissenschaften gesammelten Materials, auf Grund der Methode der modernen differentiellen Psychologie, sucht der Verfasser die typischen Formen der religiösen, philosophischen und künstlerischen Weltanschauung als notwendige Auswirkungen gewisser klar aufzeigbarer, zeitloser psychologischer Typen zu erweisen.

Physik und Kulturentwicklung durch technische und wissenschaftliche Erweiterungen der menschlichen Naturanlagen. Von Geh. Hofrat Prof. Dr. Otto Wiener. Mit 72 Abb. im Text. Geh. M. 4.40, geb. M. 5.50

„Es ist konzentriertes Wissen, das uns hier geboten wird, die Zusammenfassung der Erkenntnisse und der bisher erzielten höchsten Leistungen auf allen Gebieten der Naturwissenschaften und Technik ein Spiegelbild des Kulturfortschrittes der Menschheit, soweit es mit Physik zusammenhängt.“ (Helios.)

Physik. Unter Redaktion von Präsident Prof. Dr. E. Warburg, Charlottenburg. (Die Kultur der Gegenwart, hrsg. von Prof. P. Hinneberg. Teil III, Abt. III, Bd. I.) Mit 106 Abb. Geh. M. 22.—, geb. M. 26.—, in Halbfranz geb. M. 32.—

„Es ist nun gelungen, ein das weite Gebiet der Physik umfassendes Werk zu schaffen, das sowohl für die Physiker vom Fach als auch für die Fernerstehenden von unschätzbarem Wert ist.“ (Die Welt der Technik.)

Die Mathematik im Altertum und im Mittelalter. Von Prof. Dr. H. G. Zeuthen. (Die Kultur der Gegenwart herausgeg. von Prof. P. Hinneberg. Teil III, Abt. I, Band 3.) Geh. M. 3.—

Ziffern und Ziffernsysteme. Von Studienrat Dr. E. Löffler in Stuttgart. 2. Aufl. I. Teil: Die Zahlzeichen der alten Kulturvölker. Mit 8 Abb. (MPHb 1.) Steif geh. M. 1.40

Auf sämtliche Preise Teuerungszuschläge des Verlages und der Buchhandlungen

Verlag von B. G. Teubner in Leipzig und Berlin

Aus Natur und Geisteswelt

Jeder Band kartoniert M. 2.—, gebunden M 2.65
Hierzu Teuerungszuschläge des Verlages und der Buchhandlungen

Zur Altertumswissenschaft sind erschienen:

Die babylonische Kultur, ihre Verbreitung und ihre Nachwirkungen auf die Gegenwart. Von Prof. Dr. C. F. LEHMANN-HAUPT.

Antikes Leben nach den ägyptischen Papyri. Von Geh. Postrat Prof. Dr. FR. PREISIGKE. Mit 1 Tafel.

Griech. Weltanschauung. Von Prof. Dr. M. WUNDT. 2. Auflage.

Die Religion der Griechen. Von Prof. Dr. E. SAMTER. Mit Bilderanhang.

Das Griechentum in seiner geschichtlichen Entwicklung. Von Hofrat Prof. Dr. R. v. SCALA. Mit 46 Abbildungen.

Kulturbilder aus griechischen Städten. Von Prof. Dr. ERICH ZIEBARTH. 2. Auflage. Mit 23 Abbildungen und 2 Tafeln.

Die mykenische Kultur. Von Prof. Dr. C. F. LEHMANN-HAUPT.

Die griechische Komödie. Von Geh. Hofrat Prof. Dr. A. KÖRTE. Mit Titelbild und 2 Tafeln.

Die griechische Tragödie. Von Prof. Dr. J. GEFFCKEN. Mit 5 Abbildungen im Text und auf 1 Tafel.

Griechische Lyrik. Von Geh. Hofrat Prof. Dr. E. BETHE.

Die homerische Dichtung. Von Rektor Dr. G. FINSLER.

Die Blütezeit der griechischen Kunst im Spiegel der Relief-sarkophage. Eine Einführung in die griechische Plastik. Von Professor Dr. H. WACHTLER. 2. Auflage. Mit zahlreichen Abbildungen.

Die dekorative Kunst des Altertums. Von Dr. F. POULSEN. Übersetzt von Dr. O. GERLOFF. Mit 122 Abbildungen.

Das alte Rom. Von Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. O. RICHTER. Mit Bilderanhang und 4 Plänen.

Geschichte der Römer. Von Prof. Dr. R. v. SCALA.

Die römische Republik. Von Privatdozent Dr. A. ROSENBERG.

Roms Kampf um die Weltherrschaft. Von Prof. Dr. J. KROMAYER.

Soziale Kämpfe im alten Rom. Von Dr. L. BLOCH. 3. Auflage.

Pompeji, eine hellenistische Stadt in Italien. Von Prof. Dr. FR. v. DUHN. 3. Auflage. Mit 62 Abbildungen im Text und auf 1 Tafel sowie 1 Plan.

Antike Wirtschaftsgeschichte. Von Dr. O. NEURATH. 2. Auflage.

Das Altertum, seine staatliche und geistige Entwicklung und deren Nachwirkungen. Von Oberlehrer H. PRELLER.

Das Altertum im Leben der Gegenwart. Von Provinzialschul- und Geh. Regierungsrat Prof. Dr. PAUL CAUER. 2. Auflage.

Deutschtum und Antike in ihrer Verknüpfung. Ein Überblick von Prof. Dr. E. STEMPINGER und Prof. Dr. H. LAMER.

Verlag von B. G. Teubner in Leipzig und Berlin